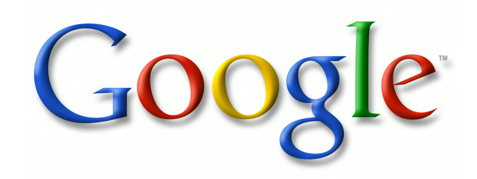
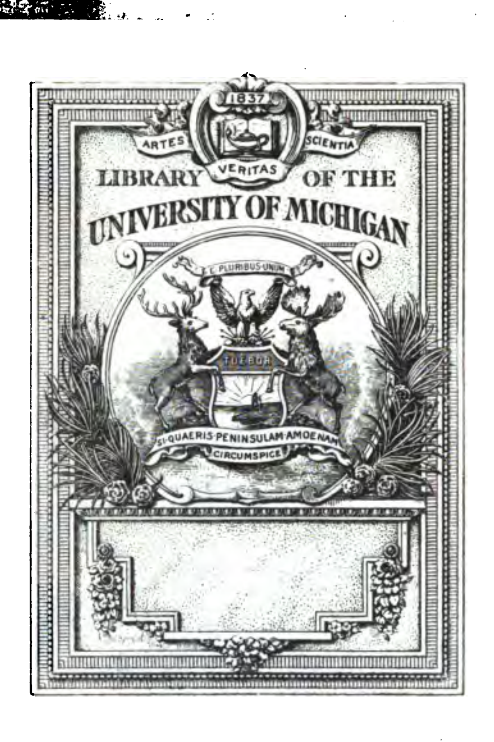



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXIV.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME VINGT-QUATRIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, Cloître Saint-Benoît, n° 16,
près la rue des Mathurins.
1823.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

SUR *le Feldspath, l'Albite, le Labrador et l'Anorthite.*

PAR Mr GUSTAVE ROSE.

QUELQUES différences que j'avais rencontrées dans les angles des cristaux pris jusqu'ici pour du feldspath m'engagèrent à un examen plus approfondi. Il en résulta que quatre espèces différentes qui se distinguent autant par leur forme que par leur composition chimique avaient été réunies jusqu'ici en une seule; il est vrai qu'elles montrent dans leurs formes cristallines une analogie qu'on ne saurait méconnaître.

Parmi ces espèces, le feldspath proprement dit, $KS^3 + 3AS^3$, est celui qu'on rencontre le plus fréquemment. Il faut ranger sous cette espèce l'adulaire du mont Saint-Gothard, le feldspath vitreux du mont Vésuve et des Sept-Montagnes (Siebengebirge), le feldspath vert, dit pierre des Amazones, le feldspath de Friedrichwarn en Norvège, qu'on a pris pour du labrador, le feldspath de Baveno, de Carlsbad, du Fichtelgebirge, et en général

la plus grande partie de ce que Werner a appelé feld-spath commun.

La seconde espèce, l'albite, $NS^3 + 3AS^3$, est plus rare. Nous en devons la connaissance à M. Eggerts (1), qui a examiné une variété rayonnée et saccaroïde de Finbo et de Broddbo, près de Fahlun. Après lui MM. Hausmann et Stromeyer (2) l'ont également trouvée dans un fossile, que le premier a reçu de Chesterfield, dans l'Amérique septentrionale, et qu'il (3) a nommé kiesel-spath; M. Nordenskiold l'a de même trouvée dans un granite de Kimito, près de Pargas, en Finlande; et enfin, M. Ficinus (4), dans un granite de Penig en Saxe; mais on ne connaissait jusqu'ici que des variétés non cristallisées. Celles qui se trouvent être cristallisées et que j'ai eu occasion de voir sont: les cristaux du Dauphiné, que Romé de l'Isle a décrits sous le nom de *schorls blancs*, et que Haüy (5) a pris ensuite pour du feldspath; les cristaux qu'on a reçus il y a quelques années, du pays de Salzbourg et du Tirol, sous le nom d'*adulaire*: des cristaux de Kérabinsk en Sibérie, d'Arendal en Norvège,

---

(1) *Afhandlingar i Fisik, kemi och Mineralogi*, t. v, pag. 27 et 32.

(2) *Untersuchungen über die Mischung der Mineralkorper von Stromeyer*. S. 300.

(3) *Bidrag till närmare kännedom af Finlands mineralier och geognosie af Nordenskiöld*, pag. 4.

(4) *Neues Journal fur Chemie und Physik von Schweigger und Meineke*. B. 29. S. 320.

(5) *Traité de Minéralogie*, par Haüy, sec. édit., t. III, p. 103.

du Prudelberg, près de Stirschberg en Silésie, ainsi que plusieurs autres cristaux de différens endroits.

La troisième espèce forme le labrador que Klaproth (1) avait déjà analysé et séparé du feldspath; la ressemblance extérieure avec ce dernier avait cependant empêché les minéralogistes d'en faire une espèce distincte. D'après l'analyse de Klaproth, M. Berzelius (2) a trouvé que la formule était $NS^3 + 3CS^3 + 12AS$.

La quatrième espèce est la plus rare de toutes; je ne l'ai vue qu'en groupes de cristaux, renfermés dans des blocs de carbonate de chaux, qui se trouvent près du mont Vésuve. J'ai trouvé que leur formule chimique était $MS + 2CS + 8AS$, et je leur ai donné le nom d'*anorthite*.

Je vais parler maintenant des propriétés principales de ces quatre espèces. En faisant une description des cristaux j'ai fait mention de la figure primitive, des formules des plans et des angles principaux. Il m'a paru superflu de décrire ces cristaux avec plus d'étendue; le seul aspect des dessins, surtout en les comparant aux formules des plans, suffit pour se faire une idée exacte de la situation de ces plans, et du parallélisme des arètes. C'est pour cela que j'ai ajouté le plus souvent des dessins des cristaux, tant en projection horizontale que verticale; cependant cette dernière a été omise partout où des fi-

---

(1) *Beiträge für chemischen Kenntniss der Mineralkörper von Klaproth.* Th. 6. S. 250.

(2) *Om blasrörets anvandande i Kemien och Mineralogien af Berzelius*, p. 278.

gures précédentes avaient déjà donné une connaissance exacte des cristaux. J'ai dessiné les variétés du feldspath, qui démontrent principalement la liaison dans laquelle se trouvent les divers plans, en omettant chaque combinaison particulière, qui ne nous est d'aucune importance; les autres espèces, ne montrant pas la même diversité, m'ont permis d'en faire des dessins plus complets. J'ai de même omis les hémitropies du feldspath, quoiqu'on les rencontre très-fréquemment dans la nature; elles sont d'ailleurs assez connues par les Mémoires de M. Weiss, et n'ont en partie rien de commun avec les hémitropies des autres espèces décrites. Les formules des plans sont données d'après la méthode de Haüy. Quant à leurs inclinaisons, j'ai conservé pour le feldspath les angles de M. Weiss; pour les autres espèces, je les ai calculées d'après les angles de la forme primitive, que j'ai mesurés avec autant d'exactitude que possible, à l'aide de la trigonométrie sphérique et des formules des plans, qui sont déduites de la situation des arêtes. Mais les formes primitives de ces espèces étant des prismes obliques à bases rhomboïdes, dont la théorie n'est pas encore tout-à-fait connue, leur détermination dépend de cinq mesures, au lieu que la détermination des prismes obliques à bases rhombes ne dépend que de deux; c'est à cause de cela que je ne puis regarder les mesures données des angles que comme des mesures approximatives peu éloignées de la vérité.

La pesanteur spécifique a été déterminée avec une balance exacte. Lorsque je n'avais à examiner que des petits cristaux, j'en pesais plusieurs d'entr'eux dans une petite fiole de verre, dont le poids déterminé, tant dans l'eau

que hors de l'eau, était soustrait du poids de la fiole contenant les cristaux et pesée sous les mêmes conditions. La température de l'eau, lors de mes expériences, se trouve toujours indiquée; je n'ai pas réduit à une température fixe, parce que cela ne changerait que très-peu mes résultats.

La dureté de toutes les espèces décrites est moindre que celle du quartz, et ne diffère pas beaucoup de celle du feldspath. L'albite m'a paru en général être la plus, et le labrador la moins dure.

Soumises à l'action du chalumeau, elles ont presque toutes les mêmes propriétés que celles que M. Berzelius a rencontrées dans le feldspath. Leur fusion ne peut s'effectuer qu'avec beaucoup de difficulté, et encore ne s'opère-t-elle que sur les bords. Dissoutes dans le borax, elles forment une masse claire et transparente; en employant le phosphate de soude, on obtient le même résultat, sauf une partie de silice non dissoute : en y ajoutant de nouveau une quantité de fossile, la masse devient opaque et perd sa transparence. En les faisant dissoudre dans la soude, on obtient une masse claire remplie de globules; cependant la masse obtenue de l'anorthite n'était point claire; mais elle formait un émail; elle s'enflait et écumait toujours après une nouvelle addition de soude.

Les analyses chimiques ont été faites dans le laboratoire de M. Mitscherlich, à l'amitié duquel j'ai dû l'usage des appareils qui m'étaient nécessaires. J'employai, pour ces analyses, la méthode suivante : le fossile, réduit en petits morceaux, fut rougi au feu pendant un certain temps. Je n'y remarquai d'autre diminution que celle qui pro-

venait de la perte de l'eau de décrépitation. Ensuite le fossile fut broyé avec de l'eau et lavé; la poudre ainsi obtenue, étant entièrement sèche, fut mêlée avec trois à quatre fois son poids de carbonate de potasse, et rougie au feu pendant une demi-heure. La masse fondue fut dissoute dans de l'acide hydrochlorique étendu d'eau; la liqueur fut évaporée à siccité, et soumise à l'action de l'eau bouillante, après avoir été humectée avec de l'acide hydrochlorique. La silice resta sans se dissoudre; elle fut ensuite chauffée au rouge et pesée.

La dissolution fut alors précipitée avec de l'ammoniaque caustique, que j'ajoutai un tant soit peu en excès. Après avoir rougi et pesé l'alumine précipitée, elle fut mise en digestion dans l'acide hydrochlorique. J'obtins un petit reste de silice; j'ajoutai de la potasse caustique jusqu'à ce que le précipité formé d'abord fût entièrement dissous. Il resta une petite quantité d'oxide de fer que je fis rougir, et dont je déterminai le poids. Pour pouvoir établir une comparaison, je précipitai de nouveau l'alumine par le carbonate d'ammoniaque, et j'en déterminai le poids, qui, ajouté à celui de l'oxide de fer et de la silice que je venais d'obtenir, devait être égal au précipité obtenu par l'ammoniaque caustique.

La liqueur, dont j'avais séparé l'alumine, fut précipitée par l'oxalate d'ammoniaque. L'anorthite forma aussitôt un précipité considérable, tandis que l'albite ne produisit un précipité, même très-faible, qu'après plusieurs heures et qu'après avoir chauffé le le liquide. En répétant cette analyse de l'albite, l'alumine fut précipitée de suite par le carbonate d'ammo-

niaque, en négligeant la petite quantité de chaux. L'oxalate de chaux précipité, chauffé légèrement au-dessus d'une lampe à double courant, fut changé en carbonate de chaux, que je pesai : mais, pour reconnaître si ce carbonate n'avait point perdu une partie de son acide carbonique, je versai dessus un peu d'une solution de carbonate d'ammoniaque, et je le pesai de nouveau après l'avoir chauffé.

La solution, séparée de la chaux, fut évaporée à siccité et rougie, pour en chasser l'hydrochlorate d'ammoniaque ; elle fut dissoute alors dans de l'eau, et séparée par le filtre d'une petite quantité de silice qui s'y trouvait : après y avoir ajouté du carbonate de potasse, elle fut de nouveau évaporée à siccité.

Lors de l'analyse de l'anorthite il se déposa, à une seconde dissolution de la masse, une certaine quantité de magnésie qui fut rougie au feu et pesée : en analysant, au contraire, l'albite, toute la masse se dissolvit, et il ne resta qu'un résidu trop faible pour pouvoir le peser.

Pour déterminer la quantité de l'alcali de l'albite, j'ajoutai à la poudre, exactement lavée et rougie, six fois son poids de carbonate de baryte, que j'eus soin de mêler parfaitement; le tout fut exposé à un feu violent pendant une heure. La masse rougie fut dissoute dans l'acide hydrochlorique, et la dissolution traitée d'après la manière ordinaire pour en séparer la silice. La dissolution fut traitée ensuite avec de l'acide sulfurique étendu d'eau, en ayant soin toutefois d'en éviter un excès; et après l'avoir filtrée, elle fut précipitée avec du carbonate d'ammoniaque. Ce précipité, dont j'avais déterminé le poids, fut séparé seule-

ment de la silice qu'il contenait; le liquide fut évaporé jusqu'à siccité, et la masse sèche fut rougie au feu pour en chasser le sulfate d'ammoniaque; ensuite elle fut de nouveau rougie dans un petit creuset de platine, dans lequel je mis un peu de carbonate d'ammoniaque pour enlever l'excès d'acide sulfurique du bi-sulfate de soude, et pour le changer en sulfate neutre. Alors la masse fut dissoute dans l'eau; il restait encore un peu de silice non dissoute, et la quantité de l'alcali fut déterminée d'après le sulfate neutre.

Première espèce. *Feldspath.*

Le système de cristallisation est, d'après la détermination de M. Weiss (1), bino-singulaire. Sa forme fondamentale est un prisme oblique à bases rhombes (fig. 1), dans lequel le rapport des trois dimensions (qui sont perpendiculaires l'une sur l'autre et égales aux diagonales de la coupe perpendiculaire aux arêtes longitudinales et à la hauteur d'une arête longitudinale du prisme) est $= \sqrt{13} : \sqrt{3.13} : \sqrt{3}$.

Les plans cités par M. Weiss, et désignés d'après la méthode de Haüy, sont (*v.* fig. 1 — fig. 15) :

P	T	${}^1G^1$	${}^1H^1$	${}^3G^3$	$\overset{\frac{3}{2}}{A}$	$\overset{1}{A}$	$\overset{\frac{3}{4}}{A}$	$\overset{\frac{1}{2}}{A}$
		M	*k*	*z*	*q*	*x*	*r*	*y*

$\overset{\frac{1}{2}}{E}$	$\overset{\frac{1}{6}}{E}$	$\overset{\frac{3}{2}}{E}$	$\overset{\frac{1}{2}}{D}$	$(T\gamma \overset{\frac{3}{8}}{B})$	$\overset{1}{B}$	$\overset{\frac{1}{2}}{B}$	$\overset{\frac{1}{4}}{B}$	$(Tx \overset{\frac{1}{3}}{E})$
n	*i*	*h*	*m*	*d*	*g*	*o*	*u*	*s*

(1) *Abhandlungen der Koenigen Akademie der Wissenschaften in Berlin aus den Jahren.* 1816, 1817, S. 253.

Mesure des principaux angles, calculés d'après les valeurs déjà citées des dimensions.

Incid. de *T*	sur *T*	120°	Incid. de *P*	sur *n*	135°.
T	*M*	120°	*P*	*h*	161°.34'.
T	*z*	150°	*P*	*i*	108°.26'.
T	*k*	150°	*x*	*o*	153°.26'.
P	*T*	112° 1'	*x*	*s*	123°.41'.
P	$\frac{T}{T}$	115° 40'	*T*	*d*	158°.52'.
x	*T'*	112° 1'	*P*	*m*	146°.1'.
x	$\frac{T}{T}$	115° 40'	*P*	*g*	150°.18'.
y	*T*	135° 21'	*P*	*o'*[1]	123°.59'.
y	$\frac{T}{T}$	145° 15'	*P*	*u'*	97°.41'.
q	$\frac{T}{T}$	99° 6'	*x*	*g*	150°.18'.
r	$\frac{T}{T}$	128° 41'	*M*	*g*	105°.30'.

Valeurs des angles-plans de la forme fondamentale.

Ceux du plan *P*, 114° 43' et 65° 17'.
———— *T*, 103° 30' 76° 30'.

La pesanteur spécifique est désignée dans la table suivante :

---

(1) Les plans du côté postérieur sont marqués avec un accent.

Noms.	Gisement.	Poids en gramm.	Pesanteur spécifiq.	Température de l'eau.
Adulaire, fragment.	Mont Saint-Gothard.	7,248	2,569	17 ½ R.
Feldspath commun rouge-brunâtre, fragment......	Arendal.	10,037	2,574	18°
Pierre des amazones, fragment poli....	Sibérie.	1,709	2,581	22 ½°
Feldspath, hémitropie............	Baveno.	16,138	2,395	18°
Le même..........	Baveno.	16,138	2,394	17 ½°
Cristal simple......	Baveno.	5,001	2,468	18°
Autre cristal simple.	Baveno.	4,373	2,496	17°.

La pesanteur spécifique a été trouvée antérieurement, par :

Brisson, celle de l'adulaire...... = 2,564.
Hoffmann, d'un feldspath blanc. = 2,531 à 2,560.
Brisson, d'un feldspath blanc. = 2,594.
Hoffmann, d'un feldspath rouge. = 2,551.
Hoffmann, d'un feldspath gris-jaunâtre...... = 2,567.
Hoffmann, du feldspath de Friedrichwarn....... = 2,590.
Klaproth, du feldspath vitreux. = 2,575.
Stucke........................ = 2,518 à 2,589 (1).

(1) *Handbuch der Mineralogie von Hoffmann*, *Band* 2. *S.* 300, 317, 305 *und* 328.

La formule chimique est, suivant M. Berzelius, $KS^3 + 3AS^3$. Si on calcule d'après cette formule la proportion de ses parties constituantes, 100 parties de feldspath contiennent :

Silice,	65,94 ;
Alumine,	17,75 ;
Potasse,	16,31.

Remarques.

Il est à remarquer que, quelque commun que soit le feldspath cristallisé, des cristaux entièrement lisses et brillans, comme il serait nécessaire de les avoir pour les mesurer avec le goniomètre à réflexion, sont cependant d'une extrême rareté. Le cabinet de minéralogie de l'université de Berlin, qui est extrêmement riche en cristaux de feldspath, n'a pu m'offrir aucun morceau qui se prêtât à une mesure exacte. Les meilleurs que je connaisse sous ce rapport sont les cristaux de feldspath vitreux du mont Vésuve, et j'en ai mesuré quelques angles qui diffèrent un peu de ceux que j'ai donnés plus haut. J'ai trouvé, par exemple, l'inclinaison obtuse des plans *T* entr'eux de 119° 18′, et l'inclinaison obtuse du plan *P* sur le plan *T* de 112° $14\frac{1}{2}'$; les mesures cependant ne pouvaient être assez complètes pour fonder sur elles des calculs.

De plus, j'étais surpris de la pesanteur spécifique du feldspath de Baveno. Je l'avais pesé plusieurs fois, et j'avais choisi non-seulement des hémitropies, qu'on y rencontre le plus souvent, mais aussi des cristaux simples qui étaient parfaitement purs, sans rien contenir d'étranger; le résultat obtenu était presque le même; ce qui me por-

tait à croire qu'il était d'une composition différente, et qu'ayant parfaitement la même cristallisation que l'adulaire, quelque principe isomorphe était remplacé par un autre. J'analysai donc un feldspath de Baveno, en le faisant fondre avec du carbonate de potasse, et en le traitant alors de la manière indiquée plus haut. Je trouvai cependant que la proportion entre la silice et l'alumine était absolument la même que celle qui existe dans le feldspath ordinaire, de sorte que, quoique n'ayant point séparé l'alcali, je crus cependant n'avoir aucune raison pour supposer que sa composition était différente de celle des autres feldspaths.

Seconde espèce. *Albite.*

La forme primitive de l'albite est un parallélipipède irrégulier (fig. 16 et 17) dont les plans *M* et *T* forment entr'eux des angles de 117° 53′ et de 62° 7′; les plans *M* et *P* forment des angles de 93° 36′ et 86° 24′, les plans *T* et *P* des angles de 115° 5′ et 64° 55′. La coupe perpendiculaire aux plans *M* et *T* est un rhomboïde (fig. 17) dont l'angle obtus de 117° 53′ est divisé, par le plan $l = G^2$, en angles de 60° 8′ et 57° 45′, dont le premier est situé à l'arête du rhomboïde qui passe par le plan *M*, le second à l'arête du rhomboïde qui passe par le plan *T*. La coupe perpendiculaire aux plans *M* et *P* est un rhomboïde dont l'angle obtus de 93° 36′ est divisé par le plan $n = \overset{1}{B}$ en angles de 46° 5′ et de 47° 31′, dont le premier est situé à l'arête du rhomboïde qui passe par le plan *P*, le second à l'arête du rhomboïde qui passe par le plan *M*.

Les plans que j'ai observés sont :

$$P\ M\ T\ G^{2}\ G^{4}\ {}^{2}H\ \overset{1}{A}\ \overset{2}{A}\ \overset{1}{B}$$
$$l\quad z\quad f\quad y\quad x\quad n$$

$$\overset{2}{C}\ \overset{4}{C}$$
$$o\quad g$$

(*Voy*. fig. 16–25.)

Mesure des principaux angles (1).

Incid. de	*T* sur *M′*	117° 53′		Incid. de	*M* sur *o′*	112° 11′.
	T *l*	122° 15′ *			*P* *g*	150° 5′.
	M *l*	119° 52′ *			*M* *g*	100° 52′.
	M *z*	149° 12′			*P* *M*	86° 24′ *.
	l *z*	150° 40′			*P* *n*	133° 55′.
	M *f*	148° 30′			*P* *y′*	97° 37′.
	T *f*	149° 23′			*T* *y′*	134° 32′.
	P *T*	115° 5′			*T* *x′*	110° 29′.
	P *l*	110° 51′ *			*P* *x′*	127° 23′.
	P *o′*	122° 23′ *.				

Mesure des angles plans de la forme primitive.

Ceux du plan	*P*	119° 12′ et	60° 8′
	M	116° 35′	63° 25′
	T	99° 45′	80° 15′.

Les cristaux de l'albite se rencontrent très-fréquemment ou presque toujours sous la forme d'hémitropies (2).

---

(1) J'ai marqué avec * les angles d'après lesquels les autres sont calculés.

(2) J'ai cependant trouvé plus tard que les cristaux du mont Saint-Gothard, dont les prismes sont d'une hauteur peu considérable, de sorte que les plans d'un bout se rencontrent avec ceux de l'autre, ne sont probablement

Celles-ci se forment lorsque deux cristaux se groupent tellement l'un à l'autre avec leurs plans *M*, que le plan supérieur *P* de l'un se trouve placé avec le plan inférieur *P'* de l'autre au bout supérieur, ainsi que les figures 20 et 21 l'indiquent. Les deux cristaux ont ordinairement la même grandeur; cependant on y trouve toutes les différences connues sous ce rapport dans les cristaux, et souvent l'un des cristaux n'est visible que par une raie étroite sur le plan *P* de l'autre. Souvent un troisième cristal se groupe au second, et à ce troisième un quatrième, etc. Les hémitropies attachées sur la roche ont toujours le même bout tourné en haut : il est de même tourné en haut dans les figures.

On observe un clivage d'après tous les plans de la forme primitive; celui qui se fait, d'après les plans *P*, est le plus parfait.

La couleur des cristaux de l'albite est blanche ou d'un blanc rougeâtre. Les cristaux sont translucides, quelquefois transparens, ou entièrement ou en partie, comme ceux de Kerabinsk. L'éclat est nacré sur le clivage, principalement sur celui d'après le plan *P*; il est vitreux sur les autres plans.

---

que de l'albite. On ne les rencontre ordinairement qu'en cristaux simples; il est rare de les trouver en hémitropies : celles-ci alors font voir les angles rentrans placés sur les plans *P*, et prouvent par là qu'elles ne sont point du feldspath. Leurs plans n'étaient pas assez lisses pour pouvoir être mesurés; mais il est vraisemblable que ces cristaux étaient de l'albite, puisque, mis en digestion avec de l'acide hydrochlorique, ils ne furent point décomposés.

La pesanteur spécifique est désignée dans la table suivante :

Qualité du morceau.	Gisement.	Poids en gramm.	Pesanteur spécifiq.	Température de l'eau.
Hémitropie......	Kerabinsk.	4,808	2,608	20° R.
Hémitropie......	Kerabinsk.	12,711	2,6175	21 ½°
Plusieurs hémitropies d'un blanc rougeâtre......	Arendal..	3,692	2,619 2,614	17° 17 ½°.

La pesanteur spécifique a été trouvée antérieurement par :

Eggertz, celle de l'albite rayonnant de Finbo = 2,612
Eggertz, celle de l'albite saccaroïde de Broddbo .... = 2,619
Nordenskiold, celle de l'albite rouge de Kimito .... = 2,609
Ficinus, celle de l'albite de Penig....... = 2,50 (1).

Le résultat d'une analyse de l'albite cristallisé d'Arendal, décomposé à l'aide du carbonate de potasse, est :

Silice	68,46,	qui contiennent d'oxigène.	34,43	12
Alumine	19,30	....	9,01	3
Chaux	0,68	....		
Fer oxidé	0,28	....		
Magnésie	une trace	....		
Perte	11,27	(prise pour de la soude).	2,88	1.

(1) *Voyez* les ouvrages cités plus haut.

Une autre analyse, dans laquelle j'avais précipité l'alumine avec du carbonate de potasse, donna le résultat suivant :

Silice	68,60 ;
Alumine avec un peu d'oxide de fer et de chaux.	19,25.

L'analyse avec le carbonate de baryte donna :

Silice	68,84 ;
Alumine avec un peu d'oxide de fer et de chaux	20,53 ;
Soude.	9,12.
	98,49.

Si on calcule la composition de l'albite d'après la formule $NS^3 + 3AS^3$, on obtient la proportion des parties constituantes suivante :

Silice,	69,78 ;
Alumine,	18,79 ;
Soude,	11,43.

On rencontre l'albite cristallisé à Arendal en Norwège, où il est presque toujours accompagné d'épidote, d'après ce que j'ai vu tant sur le gîte même que dans les collections. On le rencontre de plus dans le Schmirnerthal en Tyrol, avec du carbonate de chaux, dans des filons de carbonate de chaux saccaroïde ; à Rohrberg, près de Zell, dans des filons, dans le quartz ou dans un gneis très-riche en quartz, accompagné de cristal de roche et de carbonate de fer : on le trouve de la même manière à Gastein, dans le pays de Salzbourg ; à Barège,

dans les Pyrénées, et à Auris, dans le Dauphiné, dans des filons, dans un diorite, accompagné d'axinite, d'anatase, d'adulaire, d'épidote, d'amiante, avec lequel l'albite est quelquefois tout-à-fait mêlé. Quant à l'albite de Kerabinsk en Sibérie, la collection minéralogique de l'université de Berlin ne contient que des hémitropies isolées, qui surpassent cependant beaucoup les autres en grandeur. Elles ont quelquefois sur le plan *M* la grandeur d'un pouce, au lieu que les autres n'atteignent qu'à la hauteur et à la largeur de quelques lignes. Au Prudelberg, à Stonsdorf, près de Hirschberg, dans la Silésie, l'albite se trouve avec le feldspath dans des filons, dans le granite; les cristaux de feldspath sont de couleur de chair, et quelquefois couverts de cristaux tout-à-fait blancs ou de la même couleur que ceux de l'albite. Les cristaux de feldspath de Baveno sont de même souvent garnis de petits cristaux de couleur blanche, qui sont ordinairement non du feldspath mais de l'albite (1).

Remarques.

Les cristaux de l'albite se distinguent très-facilement par leurs hémitropies, dans lesquelles ils se rencontrent presque toujours, et par les angles rentrans qu'y forment principalement les plans *P*. Si les cristaux du feldspath se groupaient l'un avec l'autre de la même manière, les plans semblables des deux cristaux auraient aussi une situation parallèle, puisque dans le feldspath les plans *M* et *P*

(1) Si les cristaux sus-mentionnés du mont Saint-Gothard sont de l'albite, il faut y ajouter encore ce gisement.

sont entr'eux un angle droit, et ne formeraient alors jamais d'hémitropies. Les hémitropies analogues du feldspath, comme celles de Carlsbad, ne peuvent se former, ainsi que M. Weiss l'a démontré (1), que lorsque deux cristaux se groupent l'un à l'autre, soit avec leurs plans *M* droits, soit avec leurs plans *M* gauches. Le plan *P* avec le clivage est situé pour cet effet, dans l'un, au côté antérieur, dans l'autre, au côté postérieur; au lieu que dans l'albite les plans *P* des deux cristaux sont situés du même côté. L'albite offre cependant quelquefois des cristaux qui sont entr'eux dans le même rapport que ceux des hémitropies du feldspath; ils sont groupés l'un à l'autre avec les mêmes plans *M*, et ont ainsi leurs plans *P* sur les divers côtés; mais, dans ce cas, les deux cristaux se groupent avec leurs côtés libres à d'autres cristaux de la manière ordinaire, de sorte que le tout n'est qu'une hémitropie formée de deux hémitropies différentes, qui sont entr'elles dans le même rapport que les cristaux simples dans les hémitropies du feldspath de Carlsbad.

L'albite, quoiqu'on le trouve en masse, est cependant toujours rayonnant, jamais en lames planes; ce qui le distingue essentiellement du feldspath. On peut donc toujours admettre que le feldspath qu'on rencontre de cette manière est, non pas du feldspath, mais de l'albite. Le feldspath palmé de Johann Georgenstadt en Saxe, déjà distingué par Werner, est parmi ceux de cette espèce le plus connu en Allemagne; cependant il est permis d'élever quelques doutes sur plusieurs morceaux provenant de dif-

(1) *Journal für Chemie und Physik von Schweigger*. *B*. 10. *S*. 230.

férens endroits, que le Cabinet de Minéralogie de l'université de Berlin possède.

J'ai encore analysé, outre l'albite d'Arendal, celui du pays de Salzbourg. Des circonstances m'empêchèrent de terminer l'analyse; cependant j'ai obtenu de la soude et la même quantité de silice que dans l'analyse de l'albite d'Arendal. Je me suis parfaitement convaincu que l'alcali qui se trouve dans l'albite est de la soude.

Le sulfate obtenu, que j'avais fait cristalliser avec beaucoup de soin, me fit voir des cristaux parfaitement semblables à ceux du sulfate de soude. Exposés à l'air, ils se réduisirent en poudre, et traités par la dissolution de platine, par l'acide tartrique et par le sulfate d'alumine, ils firent voir les mêmes propriétés que le sulfate de soude. Ayant mêlé une dissolution de ces cristaux avec une dissolution de chlorure de platine dans de l'alcool, elle resta limpide; et évaporée à siccité, la masse se dissolvit parfaitement dans l'alcool. Une dissolution de ces cristaux, dans laquelle j'avais mis de l'acide tartrique, resta également claire. En mêlant celle-ci avec du sulfate d'alumine et de l'alcool, il se forma peu de temps après des octaèdres réguliers, parfaitement prononcés, que je considère comme du sulfate d'alumine et de soude; car, exposés à l'air, ils tombèrent en une poudre fine, et se distinguèrent par là suffisamment du sulfate d'alumine et de potasse, qui, mêlé à l'alcool, se précipita de suite comme une poudre grenue.

En analysant l'albite avec le carbonate de baryte, j'ai trouvé une perte de $2\frac{1}{2}$ p. c. Celle-ci provient probablement en grande partie de ce que la liqueur dont j'avais séparé la silice et l'alumine, et que j'avais évaporée à

siccité pour en chasser le sulfate d'ammoniaque, que cette liqueur, dis-je, chauffée à siccité, cherche à s'étendre et entraîne par là une petite quantité de sulfate de soude quand on ne la chauffe que très-lentement et avec beaucoup de précaution. C'est donc sans doute la soude qui éprouve ici une perte ; ce qui me paraît d'autant plus vraisemblable que j'obtins de la silice et de l'alumine dans les mêmes proportions qu'en analysant l'albite avec le carbonate de potasse, et que le résultat fut le même en calculant la proportion de ces deux corps d'après la formule chimique. Je ne pus répéter l'analyse, ayant employé toutes mes matières tant pour la détermination de l'alcali contenu dans l'albite que pour les analyses avec le carbonate de potasse.

Troisième espèce. *Labrador.*

Il est rare de trouver le labrador sous la forme de cristaux. Le Cabinet de Minéralogie de l'université de Berlin n'en possède qu'un seul morceau ; quoiqu'on puisse déterminer sa forme, qui montre beaucoup d'analogie avec le feldspath, il est cependant impossible d'en mesurer exactement les angles. Les arêtes aiguës du prisme oblique *T, l* sont tronquées par des plans comme les plans *M* du feldspath, et aux extrémités on rencontre des plans analogues aux plans *P* et *y* du feldspath et de l'albite. Il se trouve également des clivages d'après les plans *P* et *M*, les premiers entièrement brillans et lisses, les seconds bien moins parfaits ; ici la différence est bien plus grande que dans le feldspath ; cependant on aperçoit facilement aussi sans mesure qu'ils ne forment pas entr'eux, comme ceux de ce fossile, des angles droits.

J'ai trouvé leur inclination de $93\frac{1}{2}°$ et de $86\frac{1}{2}°$; je ne pus déterminer exactement l'angle des deux clivages, celui d'après les plans *M* n'étant pas assez brillant pour pouvoir donner des images suffisamment claires pour les mesures avec le goniomètre à réflexion. On aperçoit un troisième clivage plus imparfait encore que le second, d'après les plans *T*, dont la position correspond avec celle de l'anorthite et non avec celle de l'albite.

Le labrador brisé en lames minces est translucide et d'un gris blanchâtre. Le clivage, parallèle au plan *P*, est d'un éclat fort et nacré. Le jeu des couleurs qu'on lui trouve ordinairement se distingue mieux sur le clivage d'après le plan *M*.

La pesanteur spécifique d'un fragment de labrador (de Labrador en Amérique), de 10,576 gr., fut trouvée, à la température de l'eau de 18° R. .... = 2,7025.

Celle d'un morceau du poids de 12,068 gr. du même endroit, à la température de l'eau de $17\frac{1}{2}°$ R. .... = 2,695.

La pesanteur spécifique du labrador (de Labrador) est, d'après Brisson..... = 2,692 (1).
d'après Klaproth... = 2,690 (2).

Du labrador d'Ingremanie, d'après Klaproth.......................... = 2,750.

Cent parties du labrador de Labrador (*a*) et une égale

---

(1) *Handbuch der Mineralogie von Hoffmann. Th.* 2. *S.* 305.

(2) *Beitroege fur chemischen Kenntniss der Mineralkorper von Klaproth. B.* 6. *S.* 257 *und* 256.

quantité du labrador d'Ingremanie (*b*) contiennent, d'après Klaproth (1) :

	(*a*)	(*b*)
Silice,	55,75	55;
Alumine,	26,50	24;
Chaux,	11	10,25;
Oxide de fer,	1,25	5,25;
Soude,	4	3,50;
Eau,	0,50	0,50.
	99	98,50.

M. Berzelius a calculé, d'après ces analyses pour le labrador, la formule minéralogique :

$$NS^3 + 3\,CS^3 + 12\,AS.$$

Remarques.

La ressemblance que présentent le feldspath et le labrador soumis au chalumeau ont amené M. Berzelius (2) à supposer que le minéral analysé par Klaproth sous le nom de *labrador* était du paranthine irisé, avec lequel ce fossile présente beaucoup d'analogie en considérant sa composition chimique. Cependant une analyse entreprise par mon frère donna, outre une plus grande quantité d'alumine, presque les mêmes résultats que celle de Klaproth. Ce chimiste a déjà démontré que le feldspath irisé de Friedrichwarn en Norwège ne peut

(1) *Beitroege, etc. S.* 255 et 256.

(2) *Om Blasrorets anvandande i kemien och mineralogien, of Jac. Berzelius, p.* 278.

être rangé dans cette classe; il se distingue d'ailleurs par l'inclinaison de ses clivages, qui forment des angles de 90°. Les acides réagissent différemment sur ce minéral que sur le feldspath et sur l'albite; car l'acide hydrochlorique concentré, comme les essais de M. Fuchs (1) nous l'indiquent, décompose entièrement le labrador, tandis que cet acide n'attaque nullement le feldspath et l'albite.

Quatrième espèce. *Anorthite.*

La forme primitive de l'anorthite est un parallélipipède irrégulier (fig. 26 et 27) dont les plans *M* et *T* forment entr'eux des angles de 117° 28′ et de 62° 32′; les plans *M* et *P* forment des angles de 94° 12′ et de 85° 48′; les plans *T* et *P* des angles de 110° 57′ et 69° 3′. La coupe perpendiculaire aux plans *M* et *T* est un rhomboïde (fig. 27) dont l'angle obtus de 117° 28′ est divisé, par le plan $l = {}^2G$, en angles de 59° 30′ et de 57° 58′, dont le premier est situé à l'arête du rhomboïde qui passe par le plan *T*, le second à l'arête du rhomboïde qui passe par le plan *M*. La coupe perpendiculaire aux plans *M* et *P* est un rhomboïde dont l'angle obtus de 94° 12′ est divisé par le plan $n = \overset{1}{B}$ en angles de 46° 47′ et de 47° 25′, dont le premier est situé à l'arête du rhomboïde qui passe par le plan *P*, le second à l'arête qui passe par le plan *M*.

Les plans que j'ai observés sont :

---

(1) *Denkschriften der Acad. de Wissensch. zu Munchen fur* 1818 *und* 1819.

$P\ M\ T\ {}^2G\ {}^4G\ H^2\ \overset{1}{T}\ \overset{1}{B}\ \overset{1}{C}$
l f z e n p

$\overset{1}{A}\ \overset{2}{A}\ \overset{3}{A}\ \overset{1}{O}\ A^{\frac{1}{2}}\ {}^2A\ {}^2O\ {}^4A\ E^2$
y x q t o u m v w.

(*Voy.* fig. 26 — fig. 35.)

Mesure des angles principaux.

Incid. de *T* sur	*M*	117° 28′*	Incid. de *l* sur	*f*	151° 28′.
T	*l*	120° 30′*	*P*	*M*	85° 48′*.
M′	*l*	122° 2′	*P*	*n*	133° 13′*.
M	*z*	149° 1′	*P*	*e*	137° 22′.
T	*z*	148° 27′.	*P*	*T*	110° 57′*.
M′	*f*	150° 33′	*P*	*p′*	125° 38′.
P	*y′*	98° 29′	*M*	*o′*	115° 20′.
P	*x′*	128° 27′	*M*	*u′*	122° 45′.
P	*q′*	145° 12′	*M′*	*m*	116° 12′.
P	*t*	138° 46′	*P*	*v′*	91° 56′.
P	*o′*	121° 50′	*M*	*v′*	141° 54′.
P	*u′*	94° 53′	*P*	*w′*	98° 37′.
P	*m*	134° 46′	*M′*	*w′*	141° 22′.

Mesure des angles plans de la forme primitive.

Ceux du plan	*P*	121° 33′ et	58° 27′.
————	*M*	116° 15′	63° 45′.
————	*T*	106° 42′	73° 18′.

L'anorthite, de même que l'albite, quoique moins fréquemment, présente aussi des hémitropies. Je ne les désigne point, parce qu'elles sont absolument formées d'après les mêmes lois. La fig. 35 présente une hémitropie parfaitement prononcée, à projection horizontale.

On rencontre des clivages parallèles aux plans *P* ou *M*, d'une perfection presqu'égale. N'ayant point observé de clivage parallèle au plan *T*, et celui-ci me paraissant bien plus brillant que le plan *l*, je m'en suis servi pour la construction de la forme primitive. La cassure dans d'autres directions est conchoïde. L'éclat est nacré sur les clivages, vitreux sur la cassure conchoïde.

L'anorthite se rencontre quelquefois cristallisé, quelquefois en petites masses. Les cristaux cependant, quoique parfaitement clairs et transparens, n'acquièrent que la grandeur de quelques lignes.

La pesanteur spécifique de plusieurs fragmens d'un poids de 1,463 gr., pesés par une température de l'eau de 14° R., se trouve égale à........... 2,763.

Celle de 0,316 gr. de petits cristaux, dans lesquels cependant il se trouvait un tant soit peu de pyroxène, pesés à une température de l'eau de 17° R., égale .... 2,656.

L'acide hydrochlorique concentré décompose l'anorthite entièrement.

J'ai trouvé cent parties d'anorthite dont j'avais obtenu les échantillons, ainsi que ceux de l'albite, par la bonté de M. Weiss, du Cabinet de Minéralogie de l'université de Berlin, composées de :

Silice,	44,49, qui contiennent d'oxigène	22,38		11.
Alumine,	34,46......	16,096	 16,326	8.
Fer oxidé,	0,74......	0,23		
Chaux,	15,68....................		4,40	2.
Magnésie,	5,26....................		2,04	1.
	100,63.			

Une autre analyse, où je n'avais cependant que 0,6 gr. à ma disposition, donna des résultats semblables. Il paraît, par conséquent, que la formule minéralogique est :

$$MS + 2\,CS + 8\,AS,$$

où une partie de $8\,AS$ se trouve remplacée par FS.

On ne rencontre l'anorthite jusqu'ici que dans les blocs de carbonate de chaux au mont Somma, près du mont Vésuve, où on le trouve accompagné seulement de pyroxène vert et translucide.

Remarques.

La formule minéralogique indiquée paraît provenir du résultat de l'analyse ; cependant je n'ose la garantir entièrement; car je ne pus opérer qu'avec de très-petites quantités, la première fois avec 0,628 gr., la seconde fois avec 1,482 gr. : c'est ce dernier résultat que j'ai indiqué. La formule serait plus analogue encore à d'autres déjà connues s'il y avait, $9\,AS$, au lieu de $8\,AS$. Alors elle serait égale à celle de la méionite et du paranthine, dont la fomule est $CS + 3\,AS$, excepté cependant qu'un tiers de CS dans l'anorthite serait remplacé par MS. L'anorthite se rapporterait alors à la méionite comme l'idocrase au grenat, ou, d'après les analyses de mon frère, comme le pyroxène au wollastonite.

J'ai donné provisoirement le nom d'*anorthite* à ce fossile, le dérivant d'ανορθος, qui signifie sans angles droits; car sa forme cristalline se distingue principalement du feldspath en ce que ses clivages ne forment point entr'eux d'angles droits. Haüy, auquel le nom de *feldspath* pa-

raissait impropre, proposa pour ce minéral le nom d'*orthose*, en le rapportant à ses deux clivages formant des angles droits.

SUR *le Ciment russe.*

(Extrait d'une Lettre écrite de Saint-Pétersbourg par M[r] E. CLAPEYRON, Ingénieur des Mines.)

LA pierre calcaire qui produit le *ciment russe* fait partie d'une vaste formation calcaire à bancs horizontaux, dont les parties inférieures sont chloritées, et qui repose sur des grès quartzeux et micacés. Ayant été chargé par le général Bazaine de faire des recherches sur la fabrication des mortiers à employer pour la construction des écluses de Schlikelbourg, j'ai été conduit à faire la découverte de la pierre à ciment : je l'ai trouvée aux cataractes du Wolkoft ; c'est un calcaire mêlé d'argile qui donne, par la calcination, une chaux qui prend sous l'eau et qui est composée d'à-peu-près :

Chaux,	0,62 ;
Silice,	0,19 ;
Alumine,	0,19.
	1,00.

Cette composition étant très-simple, tout porte à croire que cette substance précieuse n'est pas rare dans la nature ; et des recherches suivies prouveraient sans doute que la France n'est pas moins bien partagée, sous ce rapport, que la Russie et l'Angleterre.

Pour employer le ciment russe, il faut le réduire mécaniquement en poudre, et l'éteindre au moment même où l'on veut en faire usage. Immergé immédiatement après son extinction, il durcit un peu moins rapidement que le ciment anglais ; mais il acquiert en peu de temps une dureté plus grande. (*Annales des Mines.*)

SUR *les Moyens de remédier à la gelée des oliviers.*

DANS la nuit du 11 au 12 janvier 1820, une forte gelée a fait périr les deux tiers des oliviers des départemens méridionaux. M. Joseph Jean, petit propriétaire des environs de Digne, département des Basses-Alpes, a fait de moins grandes pertes que ses voisins, en opérant sur une centaine d'oliviers qu'il possédait, ainsi qu'il suit :

Immédiatement après la gelée, il coupa toutes les grosses branches de ses oliviers, à quelque distance du tronc ; il enfouit ensuite des herbes fraîches sur les racines ; puis, enfin, il supprima, à mesure qu'ils se développèrent, les bourgeons produits par ces mêmes racines. A l'aide de ces seules précautions on a sauvé quatre-vingt-cinq gros oliviers sur cent. Les voisins de M. Joseph Jean ont à-peu-près tout perdu.

La Société royale et centrale d'Agriculture a montré tout le cas qu'elle fait de cette importante découverte, en accordant sa grande médaille d'or à M. Joseph Jean.

TROISIÈME MÉMOIRE *sur les Canaux de navigation considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses.*

PAR Mr P. S. GIRARD.

LA théorie que j'ai développée dans mes deux précédens Mémoires (1) établit les relations qui existent entre la chute des écluses, la hauteur d'immersion des bateaux qui les traversent, la dépense d'eau occasionée par leur passage, et enfin, les relations qui existent entre toutes ces quantités et l'élévation ou l'abaissement du niveau de l'eau dans les biefs successifs que ces bateaux parcourent.

Il résulte de cette théorie, non-seulement que le transport d'un poids déterminé de matières se fera sur un canal quelconque avec une consommation d'eau d'autant moindre, que la chute de ses écluses sera moindre elle-même; mais encore que, dans certains cas, l'on pourra, par le seul fait de la circulation des bateaux sur le canal, faire remonter un certain volume d'eau de ses biefs inférieurs dans son bief culminant.

Il reste par conséquent démontré qu'en opérant sur la chute des écluses une réduction convenable, on peut obtenir telle économie que l'on voudra sur la consommation d'eau que la navigation exige; et cette économie est la première de toutes celles qu'on doit rechercher,

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, tome XIV page 225, et tome XVIII, page 225.

puisque par elle seule il devient possible d'ouvrir des communications navigables à travers des contrées où l'on serait forcé de renoncer à jamais à l'avantage de ces communications, si, pour les entretenir, il fallait un volume d'eau supérieur à celui que la nature y a mis à notre disposition.

Cependant, quelque importante que soit l'économie d'eau sur les canaux de navigation, ce n'est pas la seule qu'on doive se proposer; l'étendue des sacrifices auxquels il est permis de se déterminer pour l'obtenir n'est point sans limite. Si, par exemple, dans cette vue, l'on dépensait des capitaux dont les intérêts fussent plus considérables que les revenus du canal tels qu'on en aurait joui en se conformant, dans son exécution, aux règles-pratiques qu'on a suivies jusqu'à présent, on conçoit qu'il serait avantageux de s'en tenir à ces règles, et notre théorie, sans rien perdre de la rigueur mathématique qui la caractérise, se rangerait parmi ces vérités spéculatives qu'il est toujours bon de connaître, mais qui n'ont d'application utile aux besoins de la vie sociale que dans des circonstances hypothétiques, ou du moins dans un nombre de cas très-restreint.

Ces réflexions ont dû se présenter naturellement à l'esprit de ceux qui n'ont point eu l'occasion ou la volonté d'approfondir la matière, et ils ont dit :

Puisque l'économie d'eau que produirait l'adoption de la nouvelle théorie des canaux navigables n'est due qu'à la réduction de chute de leurs écluses, et que, d'un autre côté, par l'effet de cette réduction, le nombre de ces écluses devient nécessairement plus grand entre deux

points fixes ; n'est-il pas à craindre, en multipliant ainsi ces ouvrages, d'augmenter tellement les dépenses de leur construction que le montant n'en excède l'évaluation, que l'on peut toujours faire en argent du volume d'eau qu'on aura économisé ?

Cette objection mérite d'être examinée, et c'est à sa discussion qu'est exclusivement consacré le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie.

L'établissement d'un canal de navigation exige l'exécution de deux sortes d'ouvrages.

Les premiers sont relatifs aux fouilles et aux mouvemens de terre indispensables à la formation de son lit, suivant la distribution de sa pente et la section transversale qui lui est assignée. Les seconds, que l'on désigne généralement par la dénomination d'*ouvrages d'art*, consistent principalement en écluses, ponts, aqueducs, etc.

Les écluses seront les seuls ouvrages d'art que nous considérerons ici.

Les fouilles et mouvemens de terre que nécessite l'ouverture d'un canal présentent ordinairement moins de difficultés que les ouvrages de maçonnerie et de charpente ; mais ils exigent toujours une quantité de travail, ou, ce qui revient au même, un nombre de journées d'homme, c'est-à-dire, une dépense d'argent plus ou moins considérable. Il convient donc de rechercher d'abord comment la chute et la distribution des écluses peuvent influer sur la dépense des terrassemens d'un canal quelconque entre deux points déterminés de sa longueur.

Nous supposerons que la pente du terrain est uniforme entre ces deux points ; ce qu'on pourra toujours

admettre sans sortir des cas qui se présentent le plus ordinairement.

Représentons, par la ligne *AB* (fig. 1re, nos 1, 2 et 3), le profil développé du terrain dans la direction d'une portion de canal.

La droite *AL* étant une ligne de niveau, il s'agit de racheter la pente totale *LB* du terrain donné au moyen d'un certain nombre d'écluses *ab*, *dc*, *ef* de chutes égales.

La position de ces écluses, par rapport à la ligne de niveau, peut être assignée d'après une multitude de conditions, parmi lesquelles il faut distinguer les trois suivantes, dont toutes les autres se rapprochent plus ou moins.

1°. Celle d'établir le lit du canal *bcde* au-dessous du sol naturel, c'est-à-dire, entièrement en déblai d'une écluse à l'autre, et alors la pente du terrain entre les deux extrémités d'un bief quelconque est rachetée par l'écluse d'amont de ce bief (fig. 1re, n° 1).

2°. Celle d'établir le lit du canal au-dessus du terrain naturel, c'est-à-dire, entièrement en remblai (fig. 1re, n° 2), et alors la pente d'un bief est rachetée par son écluse d'aval.

3°. Enfin, celle d'établir le lit du canal, partie en déblais et partie en remblais, et, dans ce cas, il convient, comme il est aisé de s'en assurer, de rendre le cube des uns égal au cube des autres. Alors la pente d'un bief se trouve rachetée également par les deux écluses qui le terminent.

La section transversale du canal étant supposée constante et rectangulaire, faisons :

La largeur constante du canal $= l$, la chute d'une écluse $= x$, la pente du profil AB sur l'unité de longueur $= c$.

Il est évident que la distance comprise entre deux écluses consécutives sera :

$$\frac{x}{c},$$

et que le cube des déblais à effectuer pour le creusement du bief abc (fig. 1re, n° 1) sera exprimé par :

$$\frac{lx^2}{2c}.$$

Il est encore évident que cette masse de déblais doit être extraite de la fouille et transportée au dehors, à une certaine distance sur chaque rive ; ce qui exige un nouveau travail dont nous faisons abstraction ici pour plus de simplicité.

Le cube des remblais, dont le canal est supposé formé (fig. 1re, n° 2), sera également représenté par :

$$\frac{lx^2}{2c}.$$

Enfin, dans le troisième cas (fig. 1re, n° 3), le cube des déblais et celui des remblais d'un même bief bc, étant égaux entr'eux et proportionnels aux triangles abo et ocd, seront l'un et l'autre réprésentés par :

$$\frac{lx^2}{8c},$$

et leur somme

$$\frac{lx^2}{4c}$$

ne se trouvera que la moitié du déblai ou du remblai total, dont les biefs bc sont formés (fig. 1re, nos 1 et 2).

Attendu l'avantage de *moindre fouille* qu'on obtient

en faisant le déblai égal au remblai dans la longueur du bief bc (fig. 1re, n° 3), nous nous en tiendrons exclusivement à la considération de ce cas particulier.

Nous supposerons de plus, pour rendre cet avantage le plus grand possible, que le déblai abo servira à former le remblai ocd; le cube de la fouille à faire dans l'étendue entière du bief bc se réduira en effet alors à

$$\frac{lx^2}{8c}.$$

Mais le produit de cette fouille devant être employé en remblai et transporté horizontalement à la distance

$$\frac{2x}{5c}$$

qui mesure l'intervalle des centres de gravité des deux triangles abo et ocd, ce transport exigera, en excédant de la dépense de force nécessaire pour opérer la fouille et la charge de la masse

$$\frac{lx^2}{8c},$$

une autre dépense de force évidemmeut représentée par

$$\frac{lx^2}{8c} \times \frac{2x}{5c}.$$

Faisant donc :

Le prix de la fouille et charge de l'unité de masse des terrassemens . . . . $= p'$.

Le prix du transport de cette unité de masse sur l'unité de l'espace parcouru horizontalement. . . . . $= p''$.

La dépense en argent des terrassemens d'un bief quelconque sera exprimée par :

$$\frac{lx^2}{8c}\left(p' + p'' \cdot \frac{2x}{5c}\right).$$

Si maintenant l'on fait :

La pente totale BL d'une portion donnée AB de canal . . . . $= a$.

Le nombre des écluses d'égale chute qui doivent racheter cette pente. . . . . $= n$.

Enfin, la dépense en argent des terrassemens de la portion donnée de canal AB. . . . $= y$.

On aura la formule :

$$y = \frac{nlx^2}{8c}\left(p' + p''\cdot\frac{2x}{3c}\right),$$

ou bien, à cause de $nx = a$,

$$y = \frac{alx}{8c}\left(p' + p''\cdot\frac{2x}{3c}\right);$$

équation qui appartient à une parabole facile à construire, et de laquelle on conclut immédiatement que la dépense des terrassemens nécessaires à l'établissement d'un canal de navigation diminue dans un plus grand rapport que le carré de la chute des écluses au moyen desquelles la pente entière de ce canal est rachetée.

Nous n'avons point besoin de dire que les grandes tranchées au fond desquelles un canal doit être creusé quand il coupe une butte, de même que les hautes levées qui doivent soutenir son lit quand il traverse des vallées, sont des ouvrages, pour ainsi dire, hors de ligne, sur la dépense desquels la chute et la distribution des écluses ne peuvent exercer d'influence, le tracé du canal une fois arrêté.

Il faut toujours, quelque parti qu'on prenne sur la distribution de ces écluses, se déterminer à franchir, à

l'aide de déblais ou de remblais plus ou moins considérables, les monticules et les vallées qu'on rencontre dans sa direction; ce n'est qu'après avoir descendu les uns ou élevé les autres à une hauteur convenable, et avoir en quelque sorte substitué au terrain naturel des plaines une plate-forme factice, que les règles déduites de quelque théorie que ce soit sur la construction des canaux peuvent trouver leur application.

Faisant donc abstraction de ces déblais et remblais extraordinaires qui deviennent inévitables dans certaines circonstances, nous disons, conformément à ce qui vient d'être démontré, 1°. *que la dépense des terrassemens d'un canal de navigation est nécessairement variable suivant le mode de distribution et la chute de ses écluses;*

2°. *Que cette dépense, en tant qu'elle provient de la fouille des terres, est proportionnelle à la chute partielle des écluses, ou, ce qui revient au même, en raison inverse du nombre d'écluses établies pour racheter une pente donnée entre deux points fixes;*

3°. *Que cette dépense, en tant qu'elle provient du mouvement des terres, et de la transformation des déblais en remblais parallèlement à l'axe du canal, est proportionnelle au carré de la chute partielle des écluses; ou, ce qui revient au même, en raison inverse du carré du nombre des écluses entre deux points donnés; de sorte que cette partie de la dépense devient quatre fois moindre quand la même pente est rachetée par un nombre d'écluses double.*

D'où nous tirons cette conclusion générale, que la réduction de chute des écluses qui procure, dans le service journalier de la navigation sur un canal, une éco-

nomie d'eau dont nous avons précédemment assigné les limites, procure aussi, dans les dépenses de la fouille et du transport des terres nécessaires au premier établissement de ce canal, une économie considérable.

Après avoir assigné les relations qui existent entre la dépense des terrassemens d'un canal et la hauteur de chute de ses écluses, nous allons rechercher les relations qui existent entre cette hauteur de chute et la dépense de construction des écluses elles-mêmes.

Cette dépense de construction dépend des dimensions que l'on donne aux diverses parties de chaque écluse, et ces dimensions doivent être déterminées de manière à garantir la stabilité de cette espèce d'appareil en le rendant capable de résister aux efforts qui tendent à le détruire ou seulement à en altérer la forme.

Les écluses des canaux de navigation rentrent en effet, comme nous l'avons fait voir ailleurs, dans la classe des machines par l'intermède desquelles, à l'aide d'un certain volume d'eau qui tombe d'une hauteur donnée, on peut élever à la même hauteur des fardeaux plus ou moins considérables. Mais les écluses ont ce caractère particulier, que les efforts auxquels leurs diverses parties sont soumises ont une plus grande valeur pendant la suspension que pendant la durée de leur manœuvre, tandis qu'au contraire les pièces matérielles qui entrent dans la composition de la plupart des appareils destinés à transmettre ou à régler le mouvement n'éprouvent jamais, qu'au moment même de leur emploi, le plus grand effort auquel elles ont à résister.

Les projections horizontales et verticales d'une écluse à sas sont représentées (fig. 2 et 3). La première de ces

projections est un espace rectangulaire, compris entre deux parois fixes *ABCD* de maçonnerie ou de charpente (fig. 4 et 5), érigées parallèlement à la direction du canal, et entre deux portes perpendiculaires à cette direction *ef* et *gh*, mobiles autour d'axes verticaux projetés en *e* et *g*.

L'espace *efgh*, compris entre les portes *ef*, *gh* et les parois *AB*, *CD*, est le plan du sas de l'écluse, et il doit être, comme on sait, rendu égal autant que possible à la projection horizontale des plus grands bateaux par lesquels le canal est fréquenté.

Les deux lignes *iS*, *lm* (fig. 3 et 5) sont, dans le plan vertical, les deux traces du fond du canal, en amont et en aval de l'écluse.

L'usage s'est conservé jusqu'à présent de prolonger le fond du bief supérieur dans l'intérieur du sas, et de le raccorder avec le bief inférieur par un mur de chute qui s'élève verticalement à une petite distance en arrière de la porte d'amont.

On se trouve ainsi obligé d'établir cette porte sur un massif de maçonnerie dont la dépense de construction augmente proportionnellement à la chute x des écluses.

On vient d'avoir l'heureuse idée de supprimer ce massif et le mur de chute qui le termine en opérant, au dehors de l'écluse, le raccordement des deux biefs au moyen d'un plan incliné *SV* (fig. 3 et 5).

Pour mettre ce plan incliné à l'abri des dégradations, il doit être recouvert d'un pavage de maçonnerie ou d'un revêtement de pièces de charpente.

Quant au plat-fond de l'écluse *ABCD*, compris entre ses murs verticaux *AB*, *DC* et ses épaulemens d'amont

et d'aval BB', AA', il doit être formé d'un radier ou massif de maçonnerie ou de charpente NO (fig. 3 et 5) qui, se liant à la partie inférieure des murs verticaux de l'écluse pour ne former qu'un seul corps avec eux, doit être rendu tout-à-fait imperméable à l'eau.

Tels sont, réduits à leur plus grande simplicité, les différens ouvrages dont une écluse à sas se compose. Mais ce qui la constitue essentiellement, ce sont les deux portes ef, hg, par la manœuvre desquelles on intercepte ou on livre à volonté le passage du canal aux bateaux, et les pertuis rs, $r's'$ qui servent à introduire l'eau du canal de l'amont à l'aval de ces portes, de quelque manière d'ailleurs que ces pertuis soient pratiqués.

Il est évident, en effet, que le sas compris entre les portes d'une écluse peut varier dans sa capacité et le mode de sa construction, suivant qu'on est plus ou moins intéressé à économiser l'eau nécessaire à l'entretien de la navigation.

Ce sas pourrait être formé, par exemple, d'une partie de canal capable de contenir un ou plusieurs bateaux. Dans ce système de sas, qui est sans doute le plus simple de tous, on serait dispensé d'en revêtir les parois; mais alors le passage des bateaux entraînerait une dépense inutile d'eau et de temps qu'il importe toujours d'économiser.

Nous allons maintenant assigner les dépenses en argent des divers ouvrages que nous venons de définir, d'après les dimensions qu'il convient de donner à chacun d'eux pour les rendre capables de résister aux efforts qu'ils supportent, en ne faisant varier, dans cette re-

cherche, que la chute des écluses dont la longueur et la largeur seront supposées constantes.

En général, les prix des ouvrages dont il s'agit s'évaluent par la masse de ces ouvrages. Ainsi, les prix de la charpente et de la maçonnerie s'estiment au mètre cube, celui de la serrurerie au poids du fer, etc.

Cela posé, faisons le prix réduit de l'unité de masse des portes d'écluse.......................... $= p'$.

Leur prix total.......................... $= P'$.

Le prix réduit de l'unité de masse des revêtemens du sas et des bajoyers des deux portes... $= p''$.

Leur prix total.......................... $= P''$.

Le prix réduit de l'unité de masse du radier des chambres de ces portes, et du sas........ $= p'''$.

Leur prix total.......................... $= P'''$.

Enfin, comme ci-dessus, la chute de l'écluse.................................. $= x$.

Nous aurons d'abord les trois équations :

$$P' = p' \, F' \, (x);$$
$$P'' = p'' \, F'' \, (x);$$
$$P''' = p''' \, F''' \, (x);$$

dans lesquelles les quantités $F'(x)$, $F''(x)$, et $F'''(x)$ représentent les masses respectives des portes d'écluses, des revêtemens du sas et du radier, déterminées, d'après la condition d'équilibre, entre les efforts qui s'exercent contre ces portes, ces revêtemens et ce radier, et la résistance que ces différentes parties de l'écluse opposent à ces efforts.

La dépense totale d'une écluse sera donc :

$$(1) \quad P' + P'' + P''' = p' F(x) + p'' F''(x) + p''' F'''(x).$$

Supposons maintenant que la pente totale a d'une portion de canal comprise entre deux points fixes soit rachetée par un nombre n d'écluses ayant toutes la même chute x, on aura :

$$n = \frac{a}{x},$$

et la dépense de construction de toutes les écluses à établir sur cette portion de canal sera :

$$n.(P'+P''+P''') = \frac{a}{x}\left(p'F(x)+p''F''(x)+p'''F'''(x)\right),$$

laquelle variera selon les valeurs de x, parmi lesquelles celle donnée par l'équation :

$$(2)\quad d.\left(\frac{a}{x}\left(p'F'(x)+p''F''(x)+p'''F'''(x)\right)\right)=o$$

rendra évidemment la dépense $n(P'+P''+P''')$ la moindre possible ; condition que nous nous proposons de remplir.

La profondeur du canal étant un des principaux élémens des quantités que nous avons à déterminer, remarquons, avant d'aller plus loin, qu'il faut entendre ici, par l'expression *profondeur du canal*, non pas la verticale comprise entre l'arête de sa berge et son plafond, mais la hauteur d'eau qu'il contient, laquelle a pour limite le plus grand tirant d'eau des bateaux qui doivent y naviguer. L'élévation des berges au-dessus du niveau de l'eau est, en effet, une sorte de dimension accessoire que l'on peut augmenter ou diminuer suivant les localités, sans que les circonstances purement relatives à la navigation en soient autrement modifiées. Cette élé-

vation *arbitraire* des berges au-dessus de la surface de l'eau du canal ne peut donc être introduite parmi les quantités dont les rapports nécessaires constituent la théorie mathématique des canaux navigables.

Cela posé, faisant la longueur de l'écluse. $= L$,
Sa largeur.......................... $= l$,
La profondeur du canal................ $= h$,
Les épaisseurs moyennes { des portes...... $= z'$, des revêtemens. $= z''$, du radier...... $= z'''$,

nous aurons :

$$F'(x) = 2l(h+x)z';$$
$$F''(x) = 2L(h+x)z'';$$
$$F'''(x) = lLz'''.$$

L'équation (2) deviendra, par l'introduction de ces valeurs,

$$(3)\ d\left(\frac{a}{x}\left(2lp'(h+x)z' + 2Lp''(h+x)z'' + lLp'''z'''\right)\right) = 0,$$

dans laquelle il ne s'agit plus que de substituer aux quantités z' z'' et z''' leurs expressions en fonctions de x, déduites de la condition d'équilibre entre les efforts qui tendent à opérer la rupture ou seulement à altérer la stabilité des portes, des revêtemens du sas, et du radier, et les résistances que ces diverses parties de l'écluse opposent à ces efforts.

1°. *Portes.* Les biefs supérieur et inférieur étant supposés pleins, comme ils le sont quand le canal est en activité, la charge d'eau que soutient la porte d'amont

du côté du sas contre-balance en partie l'action de l'eau du bief supérieur contre cette même porte. En établissant, pour cet état de choses, l'équation d'équilibre entre la résistance de cette porte et l'effort qui tend à la rompre, on obtiendrait donc pour l'épaisseur z' une valeur qui serait trop faible, dans tous les cas où le bief supérieur restant plein, on serait obligé de mettre le bief inférieur à sec. Des circonstances accidentelles peuvent amener ce cas, le rendre même plus ou moins fréquent : c'est donc dans cette hypothèse que l'épaisseur moyenne des portes doit être déterminée ; car il n'y a aucune distinction à faire entre celle d'amont et celle d'aval, puisque par la suppression du mur de chute elles sont rendues d'une égalité parfaite, et que les efforts auxquels elles peuvent être exposées sont absolument les mêmes.

Il faut considérer la porte dont nous cherchons l'épaisseur comme formée de pièces horizontales soutenues, à leurs extrémités, contre deux appuis ou feuillures e et f (fig. 2). Ainsi elle se confondra avec un barrage à poutrelles qui serait établi entre le bief supérieur et le sas. Il est évident qu'en la supposant fermée et en faisant abstraction de la mobilité qui doit lui être donnée par des moyens convenables, elle se réduit, en effet, à un semblable barrage ; il nous serait facile, au surplus, si ce n'était pas nous écarter de l'objet de ce Mémoire, de montrer ici comment un pareil système d'élémens horizontaux peut être rendu mobile sans rien perdre de la solidité de son assemblage.

Rappelons-nous maintenant que, par les principes de statique, l'effort qui tend à rompre en son milieu, sui-

vant un plan vertical, la porte d'écluse qui s'appuie sur ses deux feuillures e et f, a pour expression, en nommant π' la pesanteur spécifique de l'eau :

$$\frac{\pi' l^2}{16} (h+x)^2.$$

On a d'ailleurs, par les théorêmes connus sur la résistance des solides, pour l'expression de la résistance de la porte dans son plan de rupture :

$$k z' z' (h+x),$$

k étant un coefficient constant déduit de l'expérience. L'équation d'équilibre est donc :

$$\frac{\pi' l^2}{16} (h+x)^2 = k z' z' (h+x);$$

d'où l'on tire immédiatement :

$$z' = \frac{l}{4} \sqrt{\frac{\pi'}{k} (h+x)};$$

valeur qui, substituée dans l'expression de la dépense des deux portes, la transforme en celle-ci :

$$(4) \quad P' = p' F'(x) = 2 l p (h+x) \frac{l}{4} \sqrt{\frac{\pi'}{k} (h+x)}.$$

2°. *Bajoyers et Murs de sas.* Passons maintenant à la recherche de l'épaisseur moyenne z'' du revêtement du sas et des chambres des portes.

Quand le sas est rempli, la poussée de l'eau contre les revêtemens du dedans au dehors de l'écluse contre-

balance une partie de la poussée des terres qui agit contre ces mêmes revêtemens dans une direction diamétralement opposée : ce cas est le plus favorable; mais comme on est obligé quelquefois de vider le sas entièrement, ses revêtemens, que nous supposerons de maçonnerie, doivent être assimilés à des murs de soutenement destinés à résister à la poussée des terres qui forment le terre-plein de l'écluse. Ce cas, dans lequel ils sont soumis au plus grand effort qui puisse s'exercer contre eux, est donc le seul auquel il convient de nous arrêter ici.

La poussée des terres contre les obstacles qu'on leur oppose a été, depuis la fin du dix-septième siècle, l'objet de plusieurs théories et d'expériences nombreuses qu'il est hors de notre sujet de rapporter ; nous nous bornerons à rappeler qu'en faisant abstraction de la cohésion et du frottement qui retiennent les couches de terre les unes aux autres le long des plans inclinés suivant lesquels elles tendent à glisser, et en supposant la pression horizontale qu'exerce contre le mur de soutenement sur l'unité de longueur le prisme de terre de plus grande poussée . . . . $= Q$,

La pesanteur spécifique de ces terres . . . . . . $= \pi''$,

La pesanteur spécifique de la maçonnerie dont ce mur est construit . . . . $= \pi'''$,

Nous aurons d'abord, conformément aux théories de MM. Coulomb et Prony, lorsque la hauteur du mur est $h+x$:

$$Q = \pi'' \frac{(h+x)^2}{2};$$

et, pour le moment de cette pression :

$$Q\,\frac{(h+x)}{3} = \pi''\,\frac{(h+x)^3}{6}.$$

En second lieu, si, pour augmenter les chances de stabilité du mur de soutenement, nous négligeons toutes les résistances qu'il oppose à la poussée des terres, autres que celle qui provient de son propre poids, nous aurons

$$\frac{\pi''' z'' z''}{2}(h+x)$$

pour le moment de sa résistance au mouvement de rotation auquel il est sollicité autour de son arête intérieure, immédiatement au-dessus de sa fondation.

L'équation d'équilibre est donc :

$$\pi''\,\frac{(h+x)^3}{6} = \frac{\pi''' z'' z''}{2}\,(h+x);$$

d'où l'on tire :

$$z'' = (h+x)\sqrt{\frac{\pi''}{3\pi'''}};$$

valeur qui, substituée dans l'expression de la dépense des murs de sas et des bajoyers, donne :

$$(5)\quad P'' = p''F''(x) = 2Lp''\,(h+x)^2\sqrt{\frac{\pi''}{3\pi'''}}.$$

3°. *Radiers.* Il nous reste à déterminer l'épaisseur z''' du radier entre les deux extrémités de l'écluse.

Supposant toujours le bief supérieur rempli d'eau et le bief inférieur entièrement vide, on conçoit que l'eau dont la porte d'amont se trouverait chargée pourrait s'écouler au-dessous de cette porte si le seuil contre lequel elle

s'appuie ne présentait point une résistance suffisante et ne faisait lui-même partie d'un massif imperméable et continu.

Il est essentiel d'établir ce massif sur un terrain solide avec lequel il puisse se lier d'une manière intime ; mais, dans la recherche de l'épaisseur qu'il convient de lui donner, il faut supposer le cas le plus défavorable, celui où l'eau du bief supérieur se serait introduite entre le terrain naturel sur lequel l'ouvrage est assis et le massif dont il s'agit.

Or, on trouve aisément, par les principes élémentaires de statique, que la lame d'eau que nous supposons s'être introduite entre le sol naturel et le dessous du radier exerce, pour rompre celui-ci dans le plan de l'axe longitudinal de l'écluse, un effort exprimé par :

$$\frac{\pi' L l^2}{8} (h + x + z''').$$

On trouve, avec la même facilité et par l'application des mêmes principes, que l'effort opposé qui provient de la masse du radier considéré comme un corps homogène et continu a pour expression :

$$\frac{\pi''' L l^2}{8} z'''.$$

On a, par conséquent, l'équation d'équilibre :

$$\pi' (h + x + z''') = \pi''' z''';$$

d'où l'on tire :

$$z''' = \frac{\pi' (h + x)}{\pi''' - \pi'};$$

valeur qui, substituée dans l'expression de la dépense du radier, donne :

$$(6)\ P''' = p''' F''' (x) = \frac{L l p''' \pi' (h+x)}{\pi''' - \pi'}.$$

Remplaçons maintenant, dans la formule (3), les quantités $z'\, z''\, z'''$ par les valeurs que nous venons de trouver pour chacune d'elles, et faisons ensuite :

$$\frac{L l \pi' p'''}{\pi''' - \pi'} = A;$$

$$\frac{2 l^2 p'}{4} \sqrt{\frac{\pi'}{k}} = B;$$

$$2 L p'' \sqrt{\frac{\pi'}{3 \pi'''}} = C;$$

elle deviendra :

$$(7)\ d\left(\frac{a}{x}\left(A(h+x) + B(h+x)^{\frac{3}{2}} + C(h+x)^2\right)\right) = 0;$$

et après la différentiation,

$$(8)\ A h + B\left(\frac{2h - x}{2}\right)\sqrt{h+x} + C(h^2 - x^2) = 0.$$

C'est, par conséquent, de la solution d'une équation du quatrième degré qu'on tirera la valeur de la chute x propre à réduire au *minimum* la dépense de construction d'un certain nombre d'écluses égales, destinées à racheter une pente donnée entre deux points fixes d'un canal de navigation.

On a dû remarquer que, pour obtenir l'expression (5) de la dépense de construction des bajoyers et murs de sas, nous avons formé l'équation d'équilibre entre leur résistance et la poussée du terre-plein de l'écluse, en supposant que l'axe horizontal autour duquel les murs de sas et les bajoyers tendraient à se mouvoir était placé dans

le plan supérieur de leurs fondations. Cette supposition nous a permis de considérer l'ouvrage, abstraction faite des fondations sur lesquelles il doit être érigé. Cependant comme l'établissement de ces fondations peut être quelquefois l'occasion de dépenses considérables, il convient de montrer, avant d'aller plus loin, jusqu'à quel point la théorie peut servir à les évaluer, et comment la formule générale (8), à laquelle nous venons de parvenir, se trouverait modifiée par l'introduction de cette évaluation.

L'objet des fondations est, comme on sait, de suppléer au défaut de consistance du sol naturel sur lequel les constructions doivent être assises. On conçoit, d'après cela, que le mode de les établir et la profondeur à laquelle on doit les descendre dépendent du degré de fermeté du terrain et de sa nature; elles rentrent ainsi au nombre des ouvrages dont il est impossible de prévoir d'avance les dimensions et par conséquent la valeur. Ce qu'on peut affirmer généralement c'est que les dépenses à faire pour l'établissement des fondations sont d'autant plus considérables qu'on est obligé de les établir plus profondément : en effet, cette nécessité n'exige pas seulement l'exécution d'une plus grande hauteur de maçonnerie, elle amène encore la chance de découvrir au fond des fouilles des sources d'eau plus ou moins abondantes, dont l'épuisement peut entraîner des dépenses au-dessus de toute appréciation préalable.

Mais si la dépense totale qu'occasione la fondation d'une écluse ne peut être assignée d'avance à l'aide de la théorie, et si, par ce motif, elle n'est pas de nature à figurer dans nos formules (7) et (8), il est du moins

incontestable que quelques-uns des élémens qui la composent peuvent y être introduits.

Considérons, par exemple, le cube de la maçonnerie qui forme cette fondation.

Il est évident d'abord que sa largeur perpendiculaire à l'axe de l'écluse doit toujours être proportionnelle à l'épaisseur moyenne des murs auxquels elle sert de base.

Quant à son épaisseur verticale, on conçoit qu'elle ne peut jamais être moindre que celle des radiers qui s'y appliquent suivant leur longueur.

En ayant égard à ces remarques, et en nommant p^{v} le prix de l'unité de masse des fondations, et m un coefficient constant, on aura, pour l'expression de la moindre dépense nécessaire à la fondation d'une écluse :

$$2 L p^{\text{v}} m' z'' z''' = 2 L p^{\text{v}} \frac{m \pi'}{\pi''' - \pi'} \sqrt{\frac{\pi''}{3 \pi'''}} (h + x)^2 ;$$

d'où l'on voit que cette dépense, proportionnelle comme celle des bajoyers et murs de sas au carré de leur hauteur $(h+x)$, peut être introduite dans nos formules générales (7) et (8) sans leur faire changer de forme; il ne s'agira, en effet, que d'y supposer le coefficient constant :

$$C = 2 L \sqrt{\frac{\pi''}{3 \pi'''}} \left(p'' + m p^{\text{v}} \frac{(\pi')}{\pi''' - \pi'} \right).$$

Reprenons maintenant la formule

$$(8).\ A h + B \frac{(2h - x)}{2} \sqrt{h + x} + C (h^2 - x^2) = 0,$$

et remarquons que le second terme de son premier membre se rapporte à la dépense des portes de l'écluse : or, cette dépense est toujours très-faible, eu égard à celle des revêtemens verticaux et du radier; ce second terme peut donc, sans inconvénient sensible, être négligé dans notre formule, qui devient alors :

$$Ah + C(h^2 - x^2) = o;$$

d'où l'on tire immédiatement :

$$(9) \quad x = \sqrt{h^2 + \frac{Ah}{C}};$$

équation qui montre que le rapport de la chute des écluses de *moindre dépense*, à la profondeur des canaux sur lesquels elles sont construites, est le même que celui des coordonnées d'une hyperbole équilatère.

Enfin, si, comme il est permis de le faire dans quelques circonstances, on néglige la dépense des radiers, notre formule (8) se réduira à :

$$(10) \quad x = h;$$

d'où il suit que la chute des écluses de *moindre dépense*, en bajoyers et murs de sas seulement, est précisément égale à la profondeur du canal.

Dans la détermination des épaisseurs moyennes z'' et z''' des revêtemens verticaux de l'écluse, et de son radier, nous avons fait abstraction de la cohésion qui retient les couches de terre les unes aux autres, de leur frottement tant sur elles-mêmes que sur la face postérieure des murs contre lesquels elles s'appuient; enfin,

de l'adhérence des mortiers qui entrent dans la composition de la maçonnerie; nous avons ainsi obtenu pour les dimensions z'' et z''', qu'il s'agissait de déterminer, des valeurs plus grandes que celles qu'on obtiendrait en tenant compte des diverses causes de résistances que nous avons négligées. Cette hypothèse, plus favorable qu'aucune autre à la stabilité des ouvrages, conduit encore, par les calculs les plus simples, aux résultats les plus faciles à retenir, et, sous ce double rapport, elle nous paraît, plus qu'aucun autre, applicable à la matière.

(La suite au Cahier prochain.)

Recherches *sur les Vibrations de l'air.*

Par M. Félix Savart.

J'ai annoncé, dans un Mémoire présenté à l'Académie, il y environ dix-huit mois, que, par le moyen de membranes très-minces, on pouvait jusqu'à un certain point juger de la nature des mouvemens de l'air dans les tuyaux d'orgue, et qu'on pouvait même reconnaître par ce moyen, lors de la propagation des ondes sonores dans de grandes masses de ce fluide, une disposition particulière de parties vibrantes et de surfaces nodales tout-à-fait ignorées jusqu'à présent. Les difficultés qui environnent un pareil sujet m'ont détourné pendant long-temps de mettre la dernière main à mon travail; enfin, désespérant de le rendre plus parfait, je

me suis décidé à réunir les expériences les plus soignées que j'ai pu faire et à présenter les conséquences qui paraissent en découler le plus naturellement, pensant que la difficulté de la matière servirait d'excuse à l'imperfection de mes recherches.

Je diviserai mon travail en deux parties : dans la première, je m'occuperai des mouvemens vibratoires de l'air contenu dans des tubes cylindriques ; dans la seconde, je considérerai ces mêmes mouvemens lorsqu'ils ont lieu dans des masses considérables d'air, limitées de toutes parts par des obstacles résistans, ou communiquant avec la masse entière de l'atmosphère par différens points de leur étendue.

SECTION PREMIÈRE.

§ 1er. D. Bernouilly, par divers procédés très-ingénieux, est parvenu à reconnaître par l'expérience quelques-uns des phénomènes les plus importans que présentent les colonnes d'air qu'on fait résonner dans des tuyaux d'orgue. Toutefois il faut remarquer que les moyens qu'il a employés, par exemple, pour constater les positions des plans de repos et celles des ventres de vibrations, ne fournissent que des preuves indirectes de ce qu'il a cherché à prouver. Mais on peut, à l'aide d'une membrane mince, tendue sur un anneau suspendu à des fils, comme un plateau de balance, juger plus directement de la nature du mouvement : il faut, pour cela, prendre un large tuyau d'orgue, le placer verticalement sur une soufflerie, et, tandis qu'il résonne, y faire descendre graduellement la membrane, recouverte préalablement avec du sable : on reconnaît ainsi qu'elle vibre

peu vers l'orifice supérieur du tuyau ; ensuite qu'elle est agitée d'un mouvement d'autant plus intense qu'elle approche plus près d'un point qui serait placé environ au quart de la longueur; après quoi les agitations des grains de sable vont en diminuant graduellement vers le milieu, pour redevenir peu à peu plus intenses en approchant du quart inférieur, au-delà duquel la proximité de l'embouchure ne permet plus de rien observer de net. On peut constater ainsi, aussi-bien que par les pistons, que le nœud de vibrations est situé toujours plus près de l'embouchure que de l'orifice complètement ouvert. On est averti que la membrane est arrivée en ce point, parce que le son acquiert alors une plus grande intensité ; ce qui provient sans doute de ce que la membrane fait alors le même effet qu'un léger contact employé pour déterminer plus exactement la position des lignes ou surfaces nodales, lorsqu'on cherche à produire des sons harmoniques.

Cette expérience peut encore être faite, et plus délicatement encore sur des tuyaux d'orgue d'un assez petit diamètre, en suspendant à des fils de cocon une simple lame de papier d'un plus petit diamètre que celui du tuyau, qu'on peut même faire en verre, afin de voir facilement les mouvemens imprimés au sable pour les différentes positions où la membrane peut se trouver placée.

Mais toutes ces expériences présentent cet inconvénient, que la colonne d'air, dans les tuyaux d'orgue, se renouvelant continuellement par l'insufflation, les mouvemens qui s'y produisent n'ont peut-être pas toute la netteté dont ils pourraient être susceptibles si la colonne

d'air était fixe, et c'est ce que semble indiquer la faiblesse du son des tuyaux d'orgue, surtout de ceux qui sont un peu longs; d'ailleurs, dans ces tuyaux, l'embouchure est un phénomène si compliqué, que ce n'est guère sur des colonnes d'air, ainsi agitées de divers mouvemens à la fois, qu'on peut faire des expériences bien exactes. Pour donner une idée de la complication de mouvemens qui se produit vers l'embouchure d'un pareil tuyau, on peut faire l'expérience suivante : elle consiste à introduire un rayon solaire dans un tuyau d'orgue en verre, renfermé dans une chambre où l'on a fait l'obscurité, et à verser par l'embouchure, tandis que le son se produit, une limaille fine et légère, comme celle du liége ou du peuplier; on voit cette poussière, suspendue dans la masse d'air, en suivre tous les mouvemens, et les indiquer avec une netteté singulière : toutes ces petites parcelles décrivent une espèce d'hélice dont les tours, d'abord très-rapprochés près de l'embouchure, s'écartent ensuite au point de devenir presque parallèles à l'axe du tube, vers son orifice opposé à la bouche. Certainement ce n'est pas là le mouvement qui produit le son; mais jusqu'à quel point peut-il influer sur lui? c'est ce qu'il est impossible de déterminer. Il serait donc important de pouvoir se débarrasser et du déplacement continuel de la colonne d'air et de la complication de l'embouchure : c'est ce qu'on peut faire, comme nous allons le voir, en ébranlant la colonne d'air par communication, au moyen d'un corps vibrant solide, susceptible de produire le même nombre de vibrations que la colonne d'air elle-même; c'est ainsi que deux cordes à l'unisson, éloignées l'une de l'autre, et ne commu-

niquant entr'elles que par l'air qui les sépare, entrent toutes deux en mouvement lorsqu'on n'en ébranle qu'une seule; phénomène qui, comme je l'ai fait voir, est commun pour tous les corps solides.

C'est un fait connu de tous temps, que, quand on chante près de l'orifice d'un vase ouvert ou bouché, il en résulte, pour quelques-uns des sons qu'on produit, un renforcement qui quelquefois est très-considérable. Ce fait, qui n'a jamais été analysé par l'expérience, s'explique de lui-même quand on fait attention que parmi ces sons il en est un qui est bien plus renforcé que tous les autres, et qu'ensuite l'octave de ce même son l'est encore beaucoup, et qu'enfin il n'y a de renforcés que les sons qui forment la série de ceux que peut rendre une colonne d'air vibrant dans un tuyau ouvert ou bouché. Mais, pour pouvoir étudier ce phénomène avec quelques détails, il faut pouvoir le produire d'une manière durable, et c'est ce qu'on ne peut faire qu'en substituant aux sons de la voix ceux de divers corps solides, tels que des cloches d'harmonica, des timbres, des lames de verre ou de métal, etc. Par exemple, après avoir reconnu le son de la voix, qui est le plus renforcé par un vase donné, fermé ou ouvert, mais d'un grand diamètre relativement à sa profondeur, si l'on prend un timbre qui rende le même son que celui qu'on produisait, et qu'on le fasse résonner très-près de l'orifice du vase, on trouve ainsi que le son est considérablement renforcé, et qu'il acquiert une rondeur et une intensité telles qu'il est difficile de le supporter quand on n'en a pas l'habitude; et encore, dans ce dernier cas, ne peut-on pas l'entendre long-temps sans en

être incommodé. Cet effet singulier, que j'ai observé il y a déjà long temps, peut encore s'obtenir en employant de larges tuyaux, dont la longueur soit variable à volonté, afin qu'on puisse l'amener justement au point où l'on trouve que le son est le plus fortement renforcé. Lorsqu'on emploie des tuyaux bouchés, il faut en faire le fond mobile et à frottement rude; et lorsqu'ils sont ouverts, il faut les former de deux ou trois pièces qui glissent l'une dans l'autre, comme des tuyaux de lunette. Par ce moyen, on peut se servir du même tuyau pour renforcer plusieurs sons différens. Après avoir trouvé ainsi, par tâtonnement, la longueur (par exemple, d'un tuyau bouché) qui convient pour un son déterminé, si on la compare à celle d'un tuyau d'orgue également fermé à un bout, et qui rendrait justement le même son que le corps solide, on trouve que ces longueurs ne sont pas égales; le tuyau d'orgue est, en général, beaucoup plus long que l'autre. La différence est d'autant plus grande que le diamètre du vase est lui-même plus grand relativement à sa longueur. Par exemple, le son d'un timbre qui fait environ 1024 vibrations par seconde, et qui par conséquent serait à l'unisson avec un tuyau bouché de six pouces de longueur, est renforcé le plus possible par un vase qui n'a que quatre pouces et demi de profondeur, et qui en a environ cinq de diamètre.

Vu cette différence de longueur entre un pareil vase renforçant et un tuyau d'orgue qui rend le même son, ce phénomène, considéré ainsi isolément, paraît d'abord assez difficile à expliquer : néanmoins, lorsque l'on considère que le renforcement du son n'a lieu que quand la

colonne d'air contenue dans le vase a certaines dimensions déterminées, la première idée qui se présente à l'esprit, c'est qu'il faut qu'elle soit à l'unisson avec le son produit. Et en effet, cette manière de se rendre raison du phénomène paraît confirmée tant par les recherches qui ont été dernièrement annoncées à l'Académie des Sciences que par celles que je présente en ce moment; car, pour se convaincre qu'une colonne d'air peut entrer ainsi en mouvement lorsqu'elle se trouve à l'unisson avec un son produit, il suffit de prendre un tuyau d'orgue ouvert aux deux bouts, et ensuite de faire vibrer près de l'un de ses orifices une lame de verre ou de métal, disposée de manière à rendre le même son que le tuyau lui-même : on observe que la colonne d'air entre en mouvement et résonne, comme elle le ferait si on l'avait faiblement ébranlée par l'insufflation. Pour que l'expérience réussisse bien, il faut présenter la lame rigide de manière que ses faces soient perpendiculaires à l'axe du tube, et que ce soit un ventre de vibrations qui corresponde à son orifice.

Si l'on substitue au tuyau d'orgue un tube cylindrique de même diamètre, mais complètement ouvert à ses deux extrémités et de longueur égale, le même effet ne se produit plus; la colonne d'air demeure en repos : il en est de même si l'on fait le tube graduellement plus court; mais si on l'allonge, on trouve bientôt un point où elle résonne comme celle du tuyau d'orgue. Maintenant, si l'on augmente graduellement le diamètre du tube, on trouve que, pour que l'unisson subsiste, il faut, au contraire, diminuer peu à peu la longueur du tube, qui devient bientôt de beaucoup plus courte que

celle du tuyau d'orgue ; ou bien, si l'on prend plusieurs tuyaux de même longueur, mais de diamètres inégaux, les colonnes d'air les plus grosses n'entreront en mouvement qu'à l'occasion de sons plus graves. Une circonstance très-importante à noter, c'est que le mode d'ébranlement est presque entièrement indifférent : par exemple, s'il est communiqué par une lame vibrante présentée à l'orifice du tube, la colonne d'air entre en mouvement de la même manière, soit que la surface circulaire qui la termine se trouve ébranlée à plein orifice, ou seulement dans une petite portion de son étendue.

Voici les résultats de deux séries d'expériences de cette nature faites sur des tuyaux cylindriques ouverts aux deux bouts. Dans la première, le son étant constant, on a fait varier les diamètres et on a cherché les longueurs qui convenaient pour obtenir le plus grand renforcement.

		Diamètres des tuyaux.	Longueur.	Longueur de l'onde aérienne.	Longueur d'un tuyau d'orgue ordinaire, rendant le même son (*la* 3).
Son constant, *la* 3.	N° 1	15 lign.	170 lign.	172 lig. $\frac{4}{5}$, la température étant 0°.	160 lignes.
	2	37	156		
	3	54	144		
	4	72	132		
	5	78	138		
	6	96	127		
	7	125	90		

Dans la seconde, la longueur des tuyaux étant con-

stante, on a fait varier les diamètres et on a cherché les sons qui convenaient, pour que la colonne d'air entrât en mouvement.

	Nos.	Diamètres des tuyaux.	Sons.	Nos.	Diamètres des tuyaux.	Sons.	
Longueur constante, 72 lign.	8	10 lign.	Ut 5.	14	10 lign.	Si♭ 5. .	Longueur constante, 36 lign.
	9	15	Si 4.	15	15	La 5. . .	
	10	18	La# 4.	16	18	Sol# 5.	
	11	23	La 4.	17	23	Fa# 5.	
	12	33	Sol 4.	18	7	Si 5. . .	
	13	54	Fa# 4.				

Maintenant, si l'on examine, au moyen des membranes, l'espèce de mouvement qui existe dans ces tuyaux, on trouve qu'elle est absolument la même dans tous, et qu'elle est aussi la même que dans les tuyaux d'orgue ouverts aux deux bouts (ébranlés par l'insufflation ou par communication), à cette différence près que le nœud de vibrations paraît être exactement au milieu de la longueur; ce qui n'a rien d'étonnant, puisque le mode d'embouchure est ici le plus simple qu'il est possible d'imaginer, l'ébranlement pouvant toujours avoir lieu à plein orifice : aussi observe-t-on que le tuyau n° 1 est presque aussi long que l'onde aérienne produite par le corps vibrant, et qu'il est par conséquent plus long que le tuyau d'orgue qui rend le même son. A juger d'après les indications fournies par ce mode

d'expérience, il paraît donc que le mouvement est analogue, dans ces tubes, à celui des tuyaux d'orgue : on est encore plus porté à admettre cette analogie quand on considère que, si l'on place un diaphragme résistant dans l'endroit occupé par le nœud, la colonne d'air renforce bien moins le son du corps solide, et que c'est justement le son à l'octave grave de celui-ci qui se trouve fortement renforcé par le tube ainsi raccourci; d'où il suit que la colonne paraît faire alors un nombre de vibrations moitié moindre que celui qu'elle faisait d'abord; résultat qui est le même que pour les tuyaux d'orgue, et qui semble bien indiquer que la colonne d'air vibre à l'unisson avec le corps solide. Ainsi, nous admettrons cet unisson comme un fait dont l'existence est prouvée par des inductions qui nous semblent rigoureuses, eu égard aux moyens d'expérience que nous avons employés jusqu'à présent, tant sur les tuyaux d'orgue que sur les tubes renforçans; et nous en tirerons les conséquences qui en découleraient naturellement si cette existence était prouvée directement.

D'après cette manière de voir, ces expériences sont, 1°. une confirmation de la théorie admise pour expliquer les mouvemens de l'air dans les tuyaux d'orgue; car on peut voir, par les tableaux précédens, que la longueur du tuyau ébranlé à plein orifice est à très-peu près égale à celle de l'onde excitée dans l'air par le corps qui résonne, pourvu toutefois que le diamètre de ce tuyau soit très-petit.

2°. Quoique l'ébranlement ait lieu à plein orifice, des colonnes d'air d'un grand diamètre ne sont pas suscep-

tibles de produire les mêmes sons que celles qui sont de même longueur, mais de diamètre plus petit.

3°. Cette loi, que les nombres des vibrations des colonnes d'air sont en raison inverse des longueurs, n'est exacte que pour les petits diamètres : ce qu'on peut d'ailleurs prouver directement, en prenant un tuyau d'un diamètre un peu considérable, par exemple, de quelques pouces, et en lui faisant renforcer deux sons à l'octave l'un de l'autre, par une modification convenable dans la longueur. Par exemple, le tube n° 2, qui avait 156 lignes de longueur et 37 lignes de diamètre, devrait donner son octave aiguë si on le raccourcissait de moitié, c'est-à-dire, jusqu'à 78 lignes; mais l'expérience montre que ce n'est que quand la longueur n'excède pas 63 lignes qu'on obtient ce résultat.

4°. Il faut encore conclure de là qu'une colonne d'air fort courte peut rendre des sons très-graves, pourvu que son diamètre soit assez considérable.

Ces conséquences sont communes aux tuyaux ouverts et aux tuyaux bouchés à un bout : elles le sont même encore aux tuyaux presque entièrement bouchés aux deux bouts; et l'on peut très-facilement s'en assurer à l'aide de tubes armés à leurs extrémités d'obturateurs mobiles : par ce moyen, on trouve d'abord qu'on peut, pour le même son, passer graduellement du mouvement d'un tuyau ouvert aux deux bouts, à celui d'un tuyau fermé à un bout, en raccourcissant le tube peu à peu, et en fermant en même temps l'un de ses orifices toujours de plus en plus, à mesure que le tuyau devient plus court; on observe que, quand il est arrivé à la moitié de la longueur qu'il avait d'abord, l'une des ouvertures est entiè-

rement fermée. Maintenant, si l'on continue encore à diminuer la longueur et qu'on mette aussi un obturateur à l'autre orifice, on peut de même obtenir l'unisson en diminuant graduellement la grandeur de l'orifice, et l'on trouve que, quand il ne reste plus qu'un petit trou presqu'entièrement fermé par le corps vibrant, la longueur du tube n'est plus que moitié de celle du tuyau bouché à un bout, c'est-à-dire, le quart de celle du tuyau ouvert aux deux bouts.

Ainsi, une colonne d'air, limitée par des obstacles résistans disposés d'une manière déterminée, ne peut rendre qu'un seul son (sans se diviser); mais le même son peut être donné par une infinité de colonnes d'air de dimensions diverses, contenues dans des tuyaux ouverts aux deux bouts, fermés partiellement ou complètement à l'une de leurs deux extrémités.

Ces phénomènes, considérés sous le point de vue sous lequel nous les considérons, sont sans doute liés entr'eux par une loi générale dont la connaissance permettrait de déterminer *à priori* le nombre de vibrations d'un tuyau quelconque; mais il m'a été impossible de la trouver par expérience, quoique néanmoins cela paraisse exécutable. Ce n'est donc que par tâtonnement, en se servant de la loi des longueurs renversées, qu'on peut déterminer la longueur qu'il faut donner à un tuyau pour qu'il renforce un son donné. Ce procédé, quoique imparfait, conduit néanmoins assez facilement au but, pourvu qu'on fasse attention que, plus les tuyaux sont longs, moins la loi des longueurs est en défaut pour une égale augmentation de diamètre, ainsi qu'on peut le voir, en comparant entr'elles les deux

séries d'expériences rapportées dans les tableaux nos 2 et 3, qui ont été faites avec des tuyaux dont les longueurs étaient entr'elles comme 1 est à 2, et qui se correspondaient deux à deux pour le diamètre. Le tuyau n° 8, par exemple, renforçait le son *ut* 5, tandis que le tuyau n° 14, de même diamètre, ne renforçait que le son *si*^{b} 5 : pour tous les autres diamètres, les tuyaux de moitié plus courts renforçaient toujours des sons relativement plus graves que leurs correspondans du double plus longs; d'où il suit qu'une égale augmentation de diamètre a plus d'action pour diminuer le nombre des vibrations quand les tuyaux sont courts que quand ils sont longs. Des observations de cette nature, faites sur des sons assez éloignés les uns des autres, devraient conduire à trouver la loi expérimentale dont nous venons de parler.

§ 2. Pour qu'une colonne d'air contenue dans un tuyau entre en mouvement par communication, il n'est pas indispensable qu'elle ait justement certaines dimensions; l'effet peut encore se produire (mais en moins) lorsqu'elle est trop courte ou trop longue, d'un diamètre trop grand ou trop petit, mais dans des limites qui sont d'autant plus étendues que le diamètre du tuyau est plus grand relativement à sa longueur : par exemple, un tuyau de quelques pouces de longueur et d'environ un pied de diamètre renforce très-notablement plusieurs sons voisins de celui qui est véritablement à l'unisson avec le tuyau; tandis que, pour un tuyau étroit et long, il faut que l'unisson soit exactement établi pour que le renforcement ait lieu.

Non-seulement une colonne d'air, disposée pour en-

trer en jeu sous l'influence d'un son déterminé, résonne avec lui ; mais tous ses sons harmoniques peuvent entrer en mouvement avec les sons qui leur correspondent ; en un mot, c'est la même chose que pour les cordes et pour les membranes.

D'après cela, il semble qu'on puisse jusqu'à un certain point se rendre raison du rôle que joue l'air dans la caisse des instrumens à cordes ; car il n'est pas douteux qu'un volume déterminé de ce fluide ne soit nécessaire dans ces instrumens, et qu'il ne contribue, par ses vibrations, à la force, à la rondeur, et peut-être principalement à la pureté du son : c'est au moins ce que tendraient à prouver les expériences suivantes que j'ai faites il y a long-temps. Si l'on diminue la hauteur des éclisses d'un violon, on observe que le son diminue d'intensité, qu'il devient aigre, et cela dans un rapport plus grand que celui qui devrait résulter du retranchement d'une si petite partie de l'étendue des surfaces solides vibrantes. Ensuite, si l'on pratique des ouvertures de plus en plus grandes sur les éclisses latérales d'un violon, on observe de même que le son perd de son intensité à mesure que ces ouvertures deviennent plus étendues, et qu'il est à son *minimum* quand les éclisses latérales sont tout-à-fait enlevées, quoiqu'on ajoute, de distance en distance, à la place qu'elles occupaient, un nombre plus ou moins considérable de petits cylindres de bois, pour propager le mouvement de la table au fond. Mais les choses étant dans cet état, si l'on ferme toutes les ouvertures, par exemple, avec un papier épais et bien tendu, le son recouvre son intensité. Il paraît donc qu'il faut, pour obtenir un beau son dans les instrumens à cordes,

qu'ils contiennent un certain volume d'air qui ait certaines dimensions déterminées. Il est à remarquer que, dans un de ces instrumens, c'étaient les sons graves qui perdaient le plus lorsque la capacité de la caisse était diminuée ou mise en communication avec l'air extérieur.

Voyons maintenant, d'après les expériences précédentes, comment on peut expliquer ce phénomène du renforcement du son par l'air contenu dans la caisse d'un instrument. D'abord, il est clair que le mouvement doit avoir de l'analogie avec celui qui aurait lieu dans un tuyau bouché entièrement à un bout et partiellement à l'autre; la hauteur des éclisses doit déterminer la longueur de ce tuyau, dont le bout complètement fermé doit être le fond même de l'instrument, tandis que le bout partiellement ouvert doit être formé par la table. Si cette manière de voir a quelque apparence d'exactitude, elle devra être confirmée par quelques phénomènes analogues à ceux que présentent les tuyaux d'orgue bouchés à un bout : c'est aussi ce qui a lieu. Par exemple, pour qu'un tuyau pareil rende un son, il faut que le fond en soit fixe, qu'il ne puisse pas lui-même faire des vibrations assez énergiques pour que l'extrémité de la colonne d'air, qui est en contact avec lui, ne soit plus un nœud de vibrations; en conséquence, dans un instrument à cordes, il faudra que le fond ne soit pas de nature à vibrer trop fortement; aussi il y a long-temps que l'expérience a appris qu'il fallait le faire en bois dur, et qu'il devait être plus épais que la table. Dans les guitares, par exemple, où il n'a aucun effort à supporter, où il ne reçoit que les impressions de l'air lui-même, on lui donne néanmoins une grande force en y

fixant plusieurs barres transversales, placées de champ pour qu'elles offrent plus de résistance, et dont le nombre est ordinairement au moins de 3 ou 4. Une guitare dont le fond est privé de ses barres ne rend qu'un son sourd et faible, de même que l'expérience montre qu'un vase renforçant, fermé à un bout par une feuille mince de bois, ne change presque rien à la force du son d'un corps qu'on fait vibrer à son orifice. J'ai eu occasion de faire moi-même et de faire exécuter des violons dont le fond était en sapin et de même dimension que la table : ils ont été constamment plus faibles que ceux dont le fond était en bois résistant ; il semblait qu'ils avaient une sourdine : cependant ils auraient dû avoir une plus grande intensité de son si les vibrations des tables eussent été la seule chose qui produisît le renforcement du son des cordes. J'ai connu un luthier qui augmentait l'intensité du son d'une manière très-prononcée, dans la plupart des vieux violons, en en renforçant le fond par des barres distribuées adroitement dans les endroits trop minces ou que la vétusté avait affaiblis. Néanmoins l'expérience montre que, pour les violons, de même que pour les vases renforçans bouchés à un bout, il est avantageux que le fond puisse entrer faiblement en vibrations, de telle sorte qu'il semble que ce soient seulement les grands mouvemens de flexion ou de transport qui nuisent à l'effet produit par l'air, en empêchant l'extrémité de la colonne tournée de ce côté d'être une surface nodale.

Une autre analogie entre la caisse d'un instrument à cordes et un vase renforçant bouché, c'est que la colonne d'air qui y est contenue renforce toujours très-fortement

certains sons de préférence à tous les autres ; c'est ce qui s'observe très-facilement dans les guitares, et même dans les violons, soit qu'ils soient ou non armés de leurs cordes. Par exemple, dans mes violons, la colonne d'air est à l'unisson pour le son le plus grave avec le son *la* 3, qui est celui du diapason. Les petites guitares ordinaires sont à l'unisson avec l'un des sons contenus dans la troisième octave. On peut trouver ce son en chantant près de l'ouverture de la table, et il y a des luthiers qui emploient ce moyen pour juger du mérite d'un violon ; ils disent alors qu'il est en *la*, en *si*, en *ut*, etc., selon que la masse d'air renforce l'un ou l'autre de ces sons.

Il semble, d'après cela, qu'on doive considérer les instrumens à cordes de la manière suivante : d'abord, le renforcement du son des cordes a lieu par les vibrations communiquées à toutes les parties solides de la caisse ; ensuite un son quelconque est renforcé par tous les unissons qu'il peut rencontrer, soit dans les cordes, soit dans les tables, soit dans la colonne d'air, ainsi que par tous les harmoniques de ces diverses parties. Il est encore à noter pour l'air, que, quand la colonne qu'il forme est beaucoup plus large que longue, comme nous l'avons remarqué plus haut, il n'est pas indispensable, pour que le renforcement du son ait lieu, qu'elle soit justement à l'unisson avec le son produit ; et que l'effet a lieu, mais avec moins d'intensité, même pour un ou deux sons en dessus ou en dessous de celui qui s'accompagne du plus grand renforcement : ceci ayant lieu également pour tous les harmoniques, il en résulte qu'il serait presque impossible qu'un son quelconque ne fût

pas renforcé. Enfin, il est encore une autre circonstance qui doit avoir une grande influence sur le nombre des vibrations que la colonne d'air peut produire. J'ai fait voir, dans un autre travail, que, pour les petites distances, la communication du mouvement par l'air ne se faisait, suivant les mêmes lois, que par les corps solides, c'est-à-dire, que toutes les particules du système se meuvent suivant des droites parallèles : or, comme dans un violon, par exemple, les tables oscillent dans des directions qui varient selon celles des cordes qu'on ébranle, il s'ensuit que la masse d'air ébranlée par communication a une longueur variable, et que par conséquent elle peut rendre autant de sons différens qu'on l'ébranle dans des directions différentes; d'ailleurs, ébranlée de tous côtés par des corps solides à l'unisson, il est impossible que cette masse d'air ne produise pas exactement le même nombre de vibrations qu'eux, et que le son primitif n'en soit pas fortement renforcé.

La découverte de l'ébranlement des colonnes d'air par communication pourra conduire au perfectionnement d'un grand nombre d'instrumens de musique, particulièrement de ceux dans lesquels on avait tenté de produire les sons avec des verges de métal ou de glace. On sait que ces instrumens ont tout l'inconvénient de donner des sons graves fort sourds et même désagréables; tandis que les sons aigus sont au contraire fort beaux; il sera maintenant très-facile de faire résonner les sons graves en les renforçant par des tuyaux convenablement disposés. Le trochléon, l'euphone, le glace-cordes ne pourraient que gagner beaucoup à ce perfectionnement; mais l'harmonica à cloches montées sur un axe mobile est de tous

les instrumens celui qui, par ce moyen, pourrait produire les effets les plus extraordinaires ; car de grandes cloches de verre, présentées à l'ouverture de tuyaux convenables, rendent des sons d'une force et d'une pureté telles qu'il est impossible de rien entendre de plus beau ; tous les sons connus paraissent maigres à côté de ceux-là. Il serait très-facile de faire produire des nuances de fort et de faible à cet instrument, en disposant la machine de telle sorte qu'avec une pédale les tuyaux renforçans pussent être graduellement approchés ou éloignés des cloches vibrantes. Il est à remarquer que les sons qui résultent ainsi des vibrations simultanées d'une colonne d'air et d'une cloche d'harmonica ne ressemblent en rien au son de l'un ou de l'autre de ces corps ; ceux-ci ne s'étendent nullement à part : il en est de même toutes les fois que le corps vibrant a de grandes dimensions et que le tuyau est d'un grand diamètre : dans ce cas, il arrive aussi toujours que le son résultant est plus grave, ou au moins paraît plus grave que chacun des sons particuliers, quelquefois de près d'un demi-ton. Au reste, ce phénomène s'observe aussi entre des corps solides, et il paraît avoir lieu toutes les fois qu'un corps plus petit communique son mouvement à un autre qui a de plus grandes dimensions. Il y a cependant une circonstance qui pourra rendre difficile l'emploi de ce moyen renforçant, surtout pour les sons graves : comme ils sont très-intenses et bien soutenus, toutes les fois qu'on en fait parler deux en même temps, les rencontres des vibrations donnent naissance à des sons plus graves, qui ont quelquefois une intensité telle que les sons primitifs ne s'entendent plus du tout. Je ne crois pas qu'avec

aucun instrument on puisse produire des sons résultans qui soient aussi faciles à constater que ceux-ci. On pourrait même, à cause de leur beauté, s'en servir comme des sons ordinaires; employés pour l'accompagnement, ils feraient un très-bel effet.

SECTION II.

Du mouvement vibratoire, considéré dans des colonnes d'air peu étendues, si l'on passe à l'examen de ce qui arrive lorsqu'un corps vibrant résonne dans une masse d'air qui a de grandes dimensions, les phénomènes qu'on observe se présentent encore avec les mêmes caractères, c'est-à-dire qu'on trouve dans de grandes masses d'air des nœuds et des ventres de vibrations aussi bien prononcés que ceux qui existent dans les tuyaux d'orgue : mais, pour constater la réalité de ce fait, il faut employer plusieurs précautions que nous allons successivement décrire. La première consiste à produire un son qui ait beaucoup d'intensité, et pour cela il faut choisir, parmi les différentes espèces de corps vibrans, ceux qui ont déjà par eux-mêmes un son très-pur et très-fort, par exemple, une cloche d'harmonica, ou mieux encore un timbre d'horloge qu'on fait résonner avec un archet; mais le son ainsi obtenu, quoique fort, n'occasionerait pas encore dans l'air des mouvemens assez prononcés pour qu'on pût en constater nettement toutes les particularités; il faut le renforcer encore en faisant vibrer le timbre à l'orifice d'un tuyau bouché dont le diamètre soit environ aussi grand que celui du timbre, et dont la colonne d'air soit, bien entendu, à l'unisson avec le son produit.

Ensuite, pour apprécier l'énergie du mouvement dans la masse d'air, il faut employer une membrane tendue sur l'orifice d'un vase, qu'on place ensuite horizontalement dans un second tuyau bouché, dont la colonne d'air doit aussi avoir des dimensions convenables pour vibrer à l'unisson avec le son du timbre. Il est à remarquer que la tension de la membrane, son diamètre et son épaisseur doivent aussi être convenablement choisis pour le son produit ; l'expérience seule peut indiquer les proportions convenables : on peut seulement observer en général que les sons graves demandent des membranes d'un plus grand diamètre, et que les sons aigus en demandent d'un diamètre moindre.

Mais comme il arrive presque toujours, pendant la durée d'une expérience, qu'il se fait des variations dans la température ou des changemens dans l'état hygrométrique de l'air, et que par conséquent la tension de la membrane se trouve quelquefois très-altérée, qu'elle perd ou acquiert de la sensibilité, selon les cas, il est indispensable de pouvoir toujours la ramener au même degré : l'instrument qui m'a paru le plus simple et le plus convenable pour atteindre ce but est composé, d'abord, d'un vase en forme de coupe, peu profond, au moins d'un décimètre de diamètre, dont le pied repose sur un disque de bois de même dimension ; ensuite d'un tissu quelconque, de soie (pourvu qu'il soit fort mince et uni), qui enveloppe le vase et le disque, en se repliant sous ce dernier, où il doit être fortement fixé après avoir été tendu le plus exactement possible sur l'ouverture du vase. Par cette disposition, le tissu membraneux forme, entre le bord de la coupe et le contour

du disque ; comme un tuyau cylindrique qu'on peut envelopper d'un lien quelconque, qu'on serre plus ou moins ; ce qui tend ou détend la membrane. Mais, pour que cet effet puisse être produit aussi graduellement qu'on le désire, il faut prendre un cordonnet de soie, lui faire faire deux tours sur le cylindre membraneux, puis en passer les deux brins dans un petit trou percé sur le milieu d'une lame de bois, de deux ou trois centimètres de largeur, et [illegible] longue pour s'étendre directement du bord du [illegible] au contour du disque, contre lesquels elle doit s'appuyer : cette petite lame porte une cheville autour de laquelle s'enroulent les deux brins du cordonnet, et qui les tend comme les chevilles d'un violon tendent les cordes : il résulte de là qu'il y a un tour entier du cordonnet qui enveloppe exactement le tuyau membraneux, et que, quand on tourne la cheville, on tend la membrane justement au point où l'on trouve qu'elle vibre bien pour le son produit, et qu'en observant le son qu'elle donne elle-même par la percussion, on peut toujours l'y ramener à volonté lorsque quelque cause a agi pour la déranger. Cet instrument, placé dans un vase renforçant, formera un appareil d'une sensibilité très-grande, telle que la membrane formera des figures bien nettes à une distance considérable, par exemple, de 15 et 20 mètres ; surtout si l'on a la précaution de tendre la membrane de manière qu'elle soit à l'unisson avec le son du timbre, ce qu'on peut faire facilement ; pour cela il faut produire avec la voix une succession de sons, en approchant la bouche très-près de la membrane ; on en trouve bientôt un qui fait résonner la membrane elle-même avec beaucoup de force : il peut

arriver que ce soit le son le plus grave qu'elle peut rendre, ou que ce soit l'octave de celui-ci. Il est facile de les distinguer par le moyen du sable; dans le son le plus grave il n'y a point de ligne nodale, tandis que son octave est donnée lorsqu'il y a une ligne nodale diamétrale.

On peut encore construire un autre instrument qui produit le même effet que celui que nous venons de décrire; il consiste en un vase-entonnoir en carton, dont le sommet se continue avec un large tuyau qui se recourbe, et se termine par un orifice parallèle à l'axe du cône, et sur lequel se trouve la membrane, qui peut aussi être tendue plus ou moins par un mécanisme analogue à celui que nous avons indiqué tout-à-l'heure. Cet instrument est peut-être encore plus sensible que le précédent; mais, à cause de son volume, il est bien moins commode.

Pour fixer les idées sur la manière d'explorer les mouvemens de l'air à l'aide de ces instrumens, je supposerai d'abord qu'on place, dans un local fermé de toutes parts et près de l'une des murailles, un vase renforçant cylindrique, dont l'axe soit horizontal; ensuite, qu'on présente le timbre près de l'orifice de ce vase, tandis qu'on lui fait rendre un son continu à l'aide d'un archet, et qu'enfin on prenne un second vase renforçant, muni d'une membrane d'épreuve recouverte d'une couche de sable, et qu'on le promène le long d'une ligne horizontale qui serait comme le prolongement de l'axe du vase au-devant duquel résonne le timbre; la membrane d'épreuve étant d'abord approchée de très-près du lieu de l'ébranlement, elle vibre

avec beaucoup de force, et on en est averti, tant par les figures que le sable y trace que par le frémissement qu'il occasione : lorsqu'on éloigne un peu la membrane, cette agitation diminue, et l'on trouve bientôt un point où elle est nulle ou presque nulle. En continuant toujours à éloigner la membrane, son mouvement redevient plus intense, et l'on rencontre, à une distance plus ou moins grande, un endroit où il est presque toujours aussi fort que près du lieu où le son est produit; le sable, en ce point, trace de nouveau une figure nettement dessinée : en éloignant encore la membrane, on trouve un nouveau point d'indifférence, et puis un nouveau centre d'action semblable au premier et au second, où le sable reproduit sa figure; enfin, en augmentant toujours la distance, les mêmes phénomènes se reproduisent périodiquement, jusqu'à ce qu'on ait parcouru toute la ligne d'air qu'on considérait.

Lorsqu'on mesure la distance qui existe ainsi entre deux endroits où le mouvement est le plus intense, on trouve qu'elle n'est pas constante pour un même son produit dans des espaces limités, dont les dimensions sont différentes; elle est, en général, moindre dans un local étroit et bas que dans un autre qui a de plus grandes dimensions. Par exemple, dans une chambre non meublée, de 2 mètres de hauteur, formant un carré dont les côtés avaient environ 25 décimètres de longueur, cette distance n'était que de 8 décimètres; tandis que, dans une chambre un peu plus grande, elle était de 13 décimètres; dans une troisième, encore plus grande, elle était de 14 décimètres; dans une quatrième, également carrée, mais dont les côtés avaient 48 déci-

mètres de longueur, tandis que la hauteur égalait 3 mètres, cet intervalle était de 16 décimètres; enfin, dans une galerie de 2 mètres de hauteur, d'un mètre de largeur et de 15 mètres de longueur, fermée à un bout, et communiquant par l'autre avec un vestibule fermé, l'intervalle entre deux parties vibrantes était de 11 décimètres.

Le timbre employé dans ces expériences rendait le son *la* de l'octave dont l'*ut* fait 512 vibrations par seconde, en produisant dans l'air des ondes de 2 pieds, à la température de la glace fondante; par conséquent, le *la* dont il s'agit aurait donné, à cette même température, des ondes de 172 lignes $\frac{4}{5}$ ou 14 pouces 4 lignes.

Maintenant, si dans le même lieu on produit des sons différens, on trouve que les distances entre deux parties où le mouvement est le plus intense sont d'autant plus rapprochées que le son est plus aigu, comme on peut le voir par le tableau suivant :

Sons produits.	Longueur des parties vibrantes.
	mètre.
Mi 3.	1,00.
La 3.	0,90.
Ut 4.	0,85.
La 4.	0,62.
Re 5.	0,50.

On voit, par ce tableau, qu'une note, à l'octave aiguë d'une autre, ne produisait pas des parties vibrantes dont les longueurs fussent moitié moindres.

Pour que ces expériences présentent des résultats ana-

logues à ceux que nous venons d'indiquer, il faut avoir grand soin d'observer que les axes des deux vases renforçans soient toujours dans une direction horizontale, sur la même ligne, et que leurs orifices se regardent. En négligeant ces précautions, on pourrait croire que les endroits où le mouvement est le plus intense changent continuellement de position ; car, si l'on tient la membrane un peu plus haut ou un peu plus bas, à droite ou à gauche d'un point où on l'avait d'abord placée, il arrive presque toujours de grands changemens dans les indications qu'elle présente ; ce qui dépend de ce que les couches de plus grandes forces ou de moindre action sont disposées d'une façon toute particulière, ainsi que nous le verrons tout-à-l'heure.

On peut encore reconnaître d'une autre manière la distribution des couches aériennes où le mouvement est le plus énergique ; il suffit pour cela de transporter le corps vibrant, armé de son tuyau renforçant, dans différens points du lieu qu'on examine. On trouve qu'il y a des endroits où le son est bien plus intense que dans d'autres ; et si l'on craignait d'être trompé par ses oreilles, il suffirait de disposer une membrane d'épreuve dans quelque partie de l'appartement et de placer auprès une personne chargée d'indiquer quels seraient les mouvemens du sable ; car, lorsque le son est produit dans un endroit où l'on trouve qu'il est renforcé, la membrane vibre bien plus fort que lorsqu'il est produit dans un endroit où le son paraît faible.

Quand on est ainsi parvenu à reconnaître exactement la disposition des parties vibrantes, pour une ligne d'air horizontale qui serait à la hauteur de la tête, si l'on

parcourt cette ligne, on observe à l'oreille que le son paraît plus intense dans les points où la membrane faisait de grandes excursions que dans les autres; ce qui n'a rien d'étonnant, puisque l'organe de l'ouïe est principalement formé de membranes élastiques, et que des corps, mêmes rigides, placés dans ces points de force, y entrent notablement en mouvement : par exemple, si l'on fait en bois le vase renforçant qui reçoit la membrane d'épreuve, on observe que les lames ligneuses dont il est formé frémissent fortement sous la main qui les touche quand on passe dans les zones où la membrane vibre beaucoup; tandis qu'ailleurs ces lames ligneuses paraissent demeurer tout-à-fait en repos. La communication du mouvement se fait avec tant d'énergie dans ces zones de plus grandes forces, qu'en y plaçant sur la paume de la main un instrument à cordes, on sent que les tables résonnantes y deviennent le siége d'un mouvement très-prononcé, tandis qu'au contraire, dans les zones de repos, on n'observe rien d'analogue.

Lorsque l'on considère le mouvement qui se produit ainsi dans une masse d'air, et qu'on le compare à celui qui existe dans les tuyaux d'orgue, il semble qu'il soit analogue à ce dernier, les circonstances de l'un et de l'autre étant supposées reconnues seulement par les moyens d'expérience dont nous avons fait usage; car, comme nous venons de le voir, une masse d'air présente des ventres et des nœuds de vibration distribués avec regularité; et, en passant d'un nœud à un autre, on trouve que les agitations de la membrane vont graduellement en croissant, jusqu'au milieu de l'intervalle qui existe entr'eux; après quoi elle diminue peu à peu,

jusqu'à ce qu'on ait atteint le second nœud; résultat analogue à ce que présente un tuyau d'orgue lorsqu'on examine aussi avec une membrane ce qui se passe entre deux plans de repos. Cette analogie se trouve encore confirmée par un autre mode d'expérience qui semble ne laisser aucun doute sur les caractères généraux du mouvement : elle consiste à se transporter soi-même successivement le long de la ligne d'air qui est sur le prolongement de l'axe du vase devant lequel résonne le timbre, en se tournant de manière que cette ligne passe par les deux oreilles; on observe que le son paraît entrer tantôt par l'oreille droite et tantôt par l'oreille gauche. Supposons, pour fixer les idées, qu'on ait l'oreille gauche tournée du côté du vase, et qu'on soit assez près d'un nœud qui serait sur la droite, le son affecte alors fortement l'oreille gauche; mais qu'on passe le nœud en s'éloignant du lieu de l'ébranlement, le son entrera par l'oreille droite; et si l'on continue à s'éloigner, on arrivera à un point où ce sera de nouveau l'oreille gauche qui sera affectée lorsqu'on aura dépassé le point où le mouvement est le plus intense : en continuant à s'éloigner, les mêmes effets se reproduiront périodiquement. Ce phénomène s'explique très-facilement lorsque l'on considère la masse d'air comme animée d'un mouvement analogue à celui qui a lieu dans les tuyaux d'orgue. En effet, je suppose qu'on se trouve placé dans une colonne d'air qui rende un son, la ligne qui joint les oreilles coïncidant avec l'axe du tuyau; d'après le mouvement connu de l'air dans ce cas, il est clair que, si l'on se trouvait entre un nœud et le milieu d'une partie vibrante où le mouvement de transport est

le plus intense, l'oreille la plus voisine du nœud serait moins ébranlée que celle qui se trouverait plus rapprochée du milieu de la partie vibrante; de même qu'une membrane placée successivement dans ces deux points vibrerait plus fort dans le second que dans le premier; par conséquent, le son semblerait venir du côté de l'oreille la plus fortement ébranlée. Maintenant, si l'on s'avançait dans la colonne et que l'on se plaçât au-delà du nœud dont nous venons de parler, la plus grande action s'exercerait, au contraire, sur l'autre oreille; et si, dans le cas précédent, l'oreille droite était la plus éloignée du nœud de vibration, dans le second, elle en serait plus rapprochée : par conséquent, les deux oreilles, selon qu'elles se trouveraient dans l'une ou l'autre de ces positions, seraient tantôt peu et tantôt fortement ébranlées. Le même effet se produirait si l'on était d'un côté d'un ventre et qu'on se transportât de l'autre côté. Il semble donc, puisqu'on observe un effet analogue dans une grande masse d'air où l'on produit un son, qu'il s'y établit un mouvement analogue à celui qui a lieu dans les tuyaux d'orgue.

Toutefois il est à remarquer que, si l'on peut établir ce rapprochement entre le mouvement de l'air dans les tuyaux d'orgue et ce qu'on observe dans une grande masse d'air limitée, le mouvement présente, dans ce dernier cas, des particularités que l'observation n'a pas encore fait connaître dans les colonnes d'air vibrantes. En effet, après avoir constaté, pour une simple ligne d'air, la disposition des points de force dans une galerie, par exemple, le long de l'une des murailles latérales, si l'on entreprend de rechercher l'étendue de cha-

cune de ces forces et leur direction, ce qui est très-facile, en y plaçant d'abord la membrane et en se laissant conduire, en quelque sorte, par les endroits où l'on trouve qu'elle vibre avec le plus d'énergie, on observe que la ligne qu'on suit ainsi est inclinée sur l'axe de la galerie, et que, lorsqu'elle est arrivée au plancher, elle s'y continue obliquement et va rejoindre l'autre muraille latérale, où elle s'étend de même en s'inclinant à l'axe, et qu'elle gagne ensuite le plafond, où sa marche est encore analogue; après quoi elle se continue de nouveau sur la première paroi latérale, et ainsi de suite, toujours en rampant, comme en hélice, autour de la galerie. L'inclinaison de cette ligne n'était pas constante dans la galerie que j'ai examinée : cette galerie était percée de croisées et de portes en divers endroits, et peut-être que cette circonstance empêchait la disposition des parties vibrantes d'être régulière, quoiqu'il pourrait néanmoins se faire que cela n'eût pas eu lieu; car, lorsqu'on ouvrait une porte qui communiquait de la galerie dans une petite chambre, on n'observait aucun changement dans le mode de mouvement; ce qui semblerait indiquer que les rentrans des fenêtres n'exerçaient non plus aucune action notable sur la disposition des parties vibrantes. Au reste, dans les corps solides, qui paraissent le plus homogènes, on observe toujours, pour peu qu'ils soient épais et courts, que, lorsqu'on y excite des vibrations tangentielles longitudinales, les parties vibrantes semblent irrégulièrement distribuées, quoique cependant elles tournent aussi en rampant autour des corps.

Cet arrangement des parties vibrantes rampantes existe encore lorsque la masse d'air communique par quelque

endroit avec l'atmosphère; ainsi, dans un appartement où les fenêtres sont ouvertes, on trouve de même des points de plus grande force; mais ils n'occupent plus, pour une même ligne d'air et pour un même son, les places qu'ils occupaient lorsque les fenêtres étaient fermées; et même, ce qui paraît le plus étonnant, on trouve toujours deux de ces zones de force hors de l'appartement, en plein air; après quoi, si l'on éloigne encore la membrane, on n'observe plus d'agitation dans les grains de sable qui la recouvrent. Ces zones de force, situées à l'extérieur, paraissent s'étendre à de grandes distances avant de disparaître entièrement; car, dans une des expériences que j'ai faites, le son étant produit dans une chambre située au premier étage, et dont les fenêtres étaient ouvertes, on observait avec la membrane une ligne de force qui descendait au dehors jusqu'à terre; et un peu plus loin on en trouvait encore une seconde, de sorte qu'il semblait que la disposition des parties vibrantes en spirale se propageait dans l'atmosphère, et que les rayons de cette spirale allaient en croissant très-rapidement à mesure qu'elle s'éloignait du lieu où le son était produit.

Ces expériences réussissent également bien lorsque le son est produit par quelqu'autre corps sonore que par des timbres, par exemple, par un violon, surtout lorsqu'on en tire des sons graves; mais alors, pour explorer les mouvemens de l'air, il faut toujours employer un cône renforçant, armé d'une membrane dont la tension puisse varier, afin de pouvoir l'amener à l'unisson avec le son produit. Cet instrument présente l'avantage de pouvoir changer de son à volonté, et il est en cela plus

commode que des timbres; mais comme le mouvement communiqué à l'air n'est pas très-fort, il faut de l'habitude pour bien distinguer les endroits où la membrane d'épreuve vibre avec le plus d'intensité.

Comme il pourrait exister quelques doutes sur la simplicité de ces résultats, attendu que le son n'est pas produit par un corps vibrant unique, mais qu'il est toujours renforcé, soit par une colonne d'air, soit par les tables d'un instrument à cordes, je remarquerai qu'on peut d'abord produire le son avec un timbre seul, tandis qu'on examine le mouvement de l'air avec des membranes placées dans des vases renforçans, et que l'effet est le même, quoique plus faible; ensuite, qu'en faisant vibrer un disque de métal sans aucun moyen renforçant, on peut de même constater dans l'air l'existence des zones de force et de repos, même avec une membrane qui n'est pas placée dans un tube.

On peut donc conclure de là que le phénomène dont il s'agit est un phénomène général, quel que soit le son produit, qu'il soit grave ou aigu, simple ou renforcé. On l'observe partout où les ondes aériennes peuvent être réfléchies par quelques obstacles, non-seulement dans les lieux totalement fermés et dans ceux qui ne sont fermés qu'en partie, mais encore dans ceux où il n'y a que quelques murailles peu élevées, disposées à d'assez grandes distances l'une de l'autre. Ordinairement, dans cette dernière circonstance, on observe deux ou trois forces plus ou moins éloignées; après quoi, le mouvement n'est plus assez net pour qu'on puisse l'examiner, quoiqu'on sente encore, avec la main qui tient le vase où est la membrane, qu'il y a des endroits où il est plus

intense que dans d'autres. Mais si l'on tente l'expérience en rase campagne, sur un terrain uni, on ne trouve aucune force : le mouvement communiqué à la membrane va toujours en diminuant d'intensité, et il s'éteint à peu de distance du lieu primitif de l'ébranlement.

Il résulte de ces recherches, que les masses d'air, limitées dans tous les points de leur étendue ou seulement dans quelques parties de leur étendue, peuvent entrer en vibration par communication, comme celles qui sont contenues dans des tubes, et que, quand on se trouve dans un appartement où l'on fait résonner un corps, on est comme dans un vaste tuyau d'orgue où les ondes sonores, par leurs allées et leurs venues, par leur rencontre, sans doute dans des sens souvent très-divers, forment des ventres de vibration et des surfaces nodales dont la forme et la direction doivent être variées à l'infini, selon la forme même du lieu où le phénomène se passe, selon son étendue et la position des différens corps qui peuvent s'y rencontrer, et qui, par eux-mêmes, peuvent, en agissant ou non comme corps vibrant, influer aussi sur la position des parties vibrantes et sur l'intensité du mouvement; car on observe presque toujours, dans les lieux dont nous parlons, qu'il est des endroits de la masse d'air, souvent très-peu étendus, où le mouvement est incomparablement plus fort que partout ailleurs. Néanmoins cette irrégularité dans la distribution des parties vibrantes ne s'observe que dans les endroits meublés et irrégulièrement configurés; car, partout ailleurs, surtout dans les longues galeries, les zones vibrantes rampantes paraissent exister généralement.

ANALYSE *de la terre végétale des environs de Lille (Nord).*

Par Mr P. BERTHIER, Ingénieur des Mines.

(Mémoire sur l'Agriculture de la Flandre française, par Mr J. CORDIER, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, page 252.)

LA terre, telle qu'elle a été envoyée au laboratoire de l'École des Mines par M. Cordier, avait pris un retrait notable par dessiccation lente; mais elle ne formait qu'une seule masse non fendillée.

Elle est de couleur blonde, grenue, à grains très-fins, et elle semble, à la vue simple, tout-à-fait homogène; elle s'égrène entre les doigts, mais seulement à l'aide d'une pression assez forte. Lorsqu'on la délaie dans l'eau, elle se prend en une pâte assez gluante, à-peu-près comme l'écume de mer : cette pâte peut être pétrie et moulée; lorsqu'on la fait dessécher à l'air, elle prend une assez grande consistance; mais, dans cet état, elle absorbe l'eau rapidement, et se délaie de nouveau beaucoup plus facilement que ne le font les argiles ordinaires. Par la cuisson à la chaleur blanche, elle n'acquiert qu'une solidité médiocre; elle se casse aisément sous le choc; elle s'égrène sous l'ongle; elle est spongieuse et elle absorbe l'eau. Sa couleur ne change pas à l'extérieur, mais elle devient noire à l'intérieur. Chauffée dans un creuset de charbon au four à porcelaine de Sèvres, elle a donné une masse d'un gris presque noir, un peu bulleuse et à cassure grenue, en partie mate et en partie luisante : il y avait eu demi-fusion.

D'après ces propriétés, il n'est pas probable que la terre de Lille puisse servir à faire des briques bien solides, et, à plus forte raison, de bonne poterie. Peut-être cependant, à cause de sa porosité, serait-elle propre à fabriquer des vases destinés à rafraîchir les liquides (*alkarazas*).

La terre de Lille ayant été réduite en poudre et desséchée à l'air, a perdu 0,034 d'eau. On l'a analysée après sa dessiccation, et on l'a trouvée composée de :

Silice,	0,7819;
Alumine,	0,0714;
Peroxide de fer,	0,0442;
Chaux,	0,0186;
Magnésie,	0,0078;
Acide carbonique,	0,0145;
Eau,	0,0577;
Matières végétales,	point.
Total,	0,9959.

La chaux, dans cette terre, est certainement combinée avec l'acide carbonique. Quant à la magnésie, il est probable qu'elle est combinée avec de la silice à l'état de silicate ou écume de mer, et que c'est à la présence de cette combinaison que la terre doit sa viscosité. La proportion d'alumine est très-peu considérable, comparativement à celle que renferment les argiles communes; cependant la terre ne contient que très-peu de sable mécaniquement mélangé; car, en lavant par décantation, on n'a pu en obtenir que 0,03 de petits grains de quartz; le reste s'est tenu pendant assez long-temps en suspension dans l'eau. Cette circonstance explique la fertilité

de la terre de Lille ; car il en résulte qu'elle doit avoir la propriété d'absorber l'eau, de s'en laisser pénétrer, et ne la perdre que lentement par l'évaporation ; elle doit aussi se laisser diviser sans trop de difficulté par le soc de la charrue.

Il y a des terres qui ne donneraient pas à l'analyse une plus grande proportion d'alumine que la terre de Lille, et qui cependant seraient loin d'avoir les mêmes qualités ; mais alors on en retire par le lavage plus de la moitié de leur poids de sable quartzeux, et elles renferment une argile très-tenace qui ne laisse pas suinter l'eau, et qui acquiert par la dessiccation une dureté telle que le labourage devient fort difficile, et que les racines des plantes ne peuvent s'y développer qu'avec peine.

La présence du carbonate de chaux dans la terre de Lille contribue à sa fertilité ; cependant il y a lieu de croire qu'un engrais calcaire la rendait encore plus féconde.

(*Annales des Mines.*)

PROPRIÉTÉS *nouvelles et remarquables reconnues au sous-oxide de platine, au sulfure oxidé et à la poussière du même métal.*

PAR M. DOEBEREINER.

(Traduit de l'allemand, partie sur le manuscrit de l'auteur, par Mr P.-J. HENSMANS, pharmacien.)

J'AI déjà fait voir, dans les *Annales de Gilbert*, t. LXXII, pag. 193-200, que non-seulement le sous-oxide de platine obtenu d'après le procédé de Mr E. Davy, mais aussi

le sulfure oxidé du même métal, possède la propriété de disposer l'alcool, dont il est imbibé, à se convertir, aux dépens de l'oxigène de l'air, en vinaigre et en eau. On se procure le sulfure oxidé de platine en précipitant la dissolution de ce métal à l'aide du gaz acide hydro-sulfurique, et en laissant le sulfure recueilli, après l'avoir séché, pendant quelques semaines en contact avec l'air. Dans le procédé singulier de la conversion de l'alcool en vinaigre et en eau, 1 atome ($=46$) d'alcool absorbe 4 atomes ($=4\times8=32$) d'oxigène, et forme 1 atome ($=31$) d'acide acétique, et 3 atomes ($=3\times9=27$) d'eau; volumes égaux de vapeur d'alcool et d'oxigène se pénètrent pour former volumes égaux de vapeur d'acide acétique et de vapeur d'eau; car 1 atome d'eau est requis pour l'existence de l'acide acétique libre. Dans ce dernier, l'acide et l'eau se trouvent exactement dans le même rapport que dans l'acétate de plomb cristallisé et dans le sous-acétate de cuivre; et l'acétate de soude contient une quantité d'eau double de celle que renferme chacun de ces deux sels.

Après avoir achevé mes expériences sur la conversion de l'alcool en acide acétique et en eau, à l'aide des deux préparations de platine sus-nommées, j'en pris occasion d'examiner les effets des deux mêmes préparations sur différentes substances gazeuses; je trouvai :

1°. Que tous les gaz combustibles sont absorbés par le sous-oxide de platine et par le sulfure oxidé du même métal; mais que le gaz oxigène et le gaz acide carbonique n'en sont point affectés;

2°. Que 100 grains de sous-oxide de platine absorbent de 15 à 20 pouces cubes d'hydrogène, et qu'il se

développe assez de chaleur pour faire rougir le sous-oxide et faire brûler l'hydrogène lorsque d'avance il est mêlé avec du gaz oxigène ou de l'air atmosphérique.

La préparation de platine imprégnée d'hydrogène attire avidement l'oxigène, qui est nécessaire pour convertir l'hydrogène en eau. C'est pourquoi, lorsqu'on laisse pénétrer l'air atmosphérique dans le tube qui contient cette combinaison l'air est bientôt désoxidé, et s'il y a défaut d'oxigène pour saturer tout l'hydrogène, l'excès de celui-ci se combine avec l'azote et forme de l'ammoniaque. Le sous-oxide de platine est réduit dans cette opération et ne possède plus ensuite la faculté de disposer l'alcool à se former en vinaigre, ni celle de condenser l'hydrogène ; mais il est encore capable de déterminer la formation en eau du mélange de ce dernier avec l'oxigène. Lorsque ce mélange est fait avec de l'oxigène pur et que le volume en est un peu grand, il se dégage assez de chaleur pour faire rougir le métal. Ce phénomène me conduisit à croire que probablement le platine réduit, spongieux et finement pulvérisé, que l'on obtient en traitant au feu le muriate ammoniacal de platine, agirait de la même manière sur le gaz détonnant : ce que j'avais prévu s'est vérifié. De la poussière spongieuse de platine obtenue du muriate ammoniacal fut enveloppée dans du papier joseph et exposée à l'action du gaz hydrogène : il ne se fit point d'absorption ni aucune autre réaction sensible. Je laissai de l'air atmosphérique se mêler avec l'hydrogène : alors arriva, après quelques instans, le phénomène mentionné. Le volume du gaz diminua, et, au bout de dix minutes, tout l'oxigène de l'air admis fut épuisé et converti en

eau. Je répétai la même expérience, mais en mêlant avec l'hydrogène de l'oxigène pur : la condensation des deux gaz eut promptement lieu, et la poussière du métal s'échauffa si considérablement que le papier dont elle était enveloppée se carbonisa subitement. Ces expériences furent répétées au moins trente fois le même jour, (le 27 juillet de cette année) où je découvris le phénomène, et toujours avec le même succès. J'ai trouvé, à cette occasion, que, par le contact avec la poussière de platine, l'énergie combustible de l'hydrogène est tellement augmentée qu'il peut s'approprier en peu de minutes tout l'oxigène d'un mélange qui sur 99 d'azote ne contient que 1 de ce principe; ce qu'on sait ne pouvoir être obtenu par les plus fortes étincelles électriques. Je mêle maintenant, pour ces expériences, la poussière de platine avec de l'argile de potier, et j'humecte ce mélange pour en former de petites boules de la grosseur d'un pois; je laisse ces boules se sécher à l'air, et ensuite je les échauffe jusqu'à l'incandescence à la lampe de l'émailleur. Une telle boule de platine, quoique ne pesant pas au-delà de 2, 4 ou 6 grains, est capable de convertir en eau un volume quelconque de gaz détonnant, pourvu qu'après chaque opération on ait le soin de la dessécher, et elle peut être employée au même usage mille fois et plus. Je m'étendrai plus tard sur les applications qu'on peut faire de cette découverte à l'oxymétrie, à la synthèse de l'eau, etc., me bornant, pour le présent, à faire remarquer que l'ensemble du phénomène doit être regardé comme un procédé électrique résultant d'une chaîne dans laquelle l'hydrogène représente le zinc, et le platine l'autre métal : c'est le premier exemple d'une chaîne

électrique formée d'une substance gazeuse avec un corps concret dont l'activité ait été constatée ; et il n'y a pas de doute que ce premier pas, étant une fois fait, ne mène à d'autres découvertes non moins importantes que celle-ci.

Une expérience, dans laquelle je voulais essayer l'action du sulfure oxidé de platine sur l'oxide gazeux de carbone, me procura la connaissance d'un autre phénomène très-intéressant ; je trouvai que, chaque fois que ce gaz fut mis en contact avec le sulfure oxidé, il se condensait à la moitié de son volume, et que le gaz résidu n'était plus de l'oxide de carbone, mais de l'acide carbonique. D'après cela, il est évident que le sulfure oxidé de platine enlève du carbone à l'oxide de ce combustible et transforme celui-ci en acide carbonique.

Première addition.

J'ai réussi à montrer de la manière la plus brillante la réaction de la poussière de platine sur le gaz hydrogène. J'ai dirigé, à l'aide d'un gazomètre de compression, sur 1, 2 et jusqu'à 5 grains de poussière de platine placée dans un petit entonnoir de verre, dont le bec avait été fermé par la fusion, un jet d'hydrogène sortant d'un tube capillaire recourbé vers le bas, et dont l'ouverture restait distante de 1, $1\frac{1}{2}$ et jusqu'à 2 pouces de la poussière, suivant la rapidité avec laquelle le gaz s'échappait ; ce qui avait pour but de faciliter le mélange de l'hydrogène avec l'air atmosphérique avant de venir en contact avec la poussière. Cette poussière rougit presque aussitôt, passa à l'incandescence blanche, et s'y maintint aussi long-temps que le gaz continua de s'échapper. Lorsque,

dans cette expérience, le courant du gaz est rapide, il s'enflamme, surtout si dans le gazomètre il est mêlé avec un peu d'air : c'est un phénomène vraiment surprenant pour l'observateur attentif qui le voit se produire par une réaction purement dynamique, entre deux sortes de matières, dont l'une est la plus légère et l'autre la plus pesante parmi les corps connus. Je ne dois pas oublier de dire que j'ai déjà tiré parti de cette découverte pour l'établissement d'un nouveau briquet et la construction d'une lampe particulière.

Seconde addition.

Les gaz hydrogènes composés, tels que l'ammoniaque, le gaz oléfiant, l'hydrogène carboné, le gaz hydrochlorique, etc., ne sont pas déterminés par la poussière de platine à s'approprier l'oxigène.

En dirigeant sur un mélange de poussière de platine et de nitrate de platine et d'ammoniaque un jet d'hydrogène, le mélange rougit avec pétillement et émission d'étincelles enflammées. Le même effet a lieu avec la poudre noire de platine, que le zinc sépare de la dissolution de ce métal, et qui est un mélange d'oxidule de platine et de platine réduit. Cette poudre a la propriété de transformer peu à peu, avec le concours de l'oxigène, l'alcool en acide acétique.

Parmi les autres métaux que j'ai essayés jusqu'à présent, je n'ai trouvé que le nickel, tel qu'on l'obtient en décomposant son oxalate, qui ait la propriété de transformer le mélange d'hydrogène et d'oxigène en eau; mais cela n'a lieu que très-lentement.

Analyse *de l'aluminite trouvée aux environs d'Epernay, département de la Marne.*

Par Mr J.-L. Lassaigne.

L'année dernière, M. Basterot me remit un échantillon d'une substance blanche, douce au toucher, mamelonnée à sa surface, qu'il avait trouvée, dans ses recherches géologiques, à la montagne de Bernon, près Epernay.

Cette substance est tendre et friable comme de la craie; elle se laisse facilement tailler par le couteau, et happe un peu à la langue. Elle est infusible au chalumeau, mais elle répand, lorsqu'elle est rougie, une vapeur acide très-piquante. Sa densité, que nous avons déterminée à + 16°, est de 1,670.

Nous nous sommes assurés, d'après plusieurs essais chimiques, que ce minéral jouissait de toutes les propriétés du sous-sulfate d'alumine semblable à celui trouvé à Halle et Morl, et dont l'analyse de M. Stromeyer est consignée dans les *Annales de Chimie et de Physique*.

Nous avons, sur l'invitation de M. Basterot, déterminé les proportions de ses élémens par le procédé suivant :

Cinq grammes de cette substance réduite en poudre fine ont été chauffés dans un tube de verre qu'on avait recourbé en forme de cornue. Il s'est dégagé, pendant cette calcination, de la vapeur d'eau qui est venue se

condenser dans la partie courbe du tube, et dont le poids a été évalué en pesant le minéral après cette opération. La proportion de ce liquide s'est trouvée de 1g.,997 ou de 39,94 pour cent.

Le résidu traité par l'acide hydrochlorique s'est entièrement dissous à une douce chaleur sans effervescence. La dissolution était incolore. L'acide sulfurique combiné à l'alumine dans ce minéral en a été précipité par le chlorure de barium, qui a indiqué 1g.,003 d'acide ou 20,06 pour cent.

L'alumine extraite par les moyens ordinaires pesait, après la calcination, 1,985 ou 39,70.

En évaporant la liqueur d'où l'alumine avait été précipitée, nous en avons retiré une petite quantité de sulfate de chaux dont le poids s'élevait à $\frac{3}{1000}$.

Il résulte de cette analyse que l'aluminite trouvée aux environs d'Epernay contient :

Alumine,	39,70 ;
Acide sulfurique,	20,06 ;
Eau,	39,94 ;
Sulfate de chaux,	30.
	100,00.

Cette espèce, trouvée en France, renferme donc plus d'alumine et un peu moins d'acide sulfurique que celles de Halle et de Morl analysées par M. Stromeyer.

NOTE *sur la présence de l'ammoniaque dans les oxides de fer formés dans l'intérieur des maisons habitées.*

PAR M. VAUQUELIN.

APPELÉ, il y a quelque temps, par un juge d'instruction près le Tribunal de première instance de Paris, pour reconnaître si des taches rouges qui se trouvaient sur un sabre qu'on soupçonnait avoir servi à commettre un assassinat étaient produites par du sang, je détachai avec la pointe d'un canif une petite portion de la matière rouge, que je fis chauffer dans un tube de verre fermé par un bout, et où j'avais introduit une bande de papier de tournesol rougi par un acide et mouillé. Aussitôt que la matière fut chaude, une vapeur jaunâtre s'en exhala et changea en bleu la couleur rouge du papier.

Une seconde expérience, faite avec la matière d'une tache rouge qui recouvrait un couteau qu'on croyait avoir servi au même usage que le sabre, et trouvé dans la maison où le crime avait été commis, donna absolument le même résultat.

Ces deux faits commençaient à donner de la vraisemblance au soupçon qu'on avait conçu sur la nature des taches rouges dont le sabre et le couteau étaient couverts : cependant, ces taches ressemblant beaucoup plus à de la rouille qu'à du sang, quoiqu'un médecin, consulté sur le même objet, n'eût pas hésité à affirmer que c'était du sang, nous crûmes devoir répéter l'opération sur de la rouille ordinaire, et un morceau de fer

rouillé qui se trouvait par hasard dans le cabinet de M. le juge nous en fournit le moyen.

Cette rouille, sur la pureté de laquelle on n'avait aucun doute, soumise à l'expérience comme les autres donna encore le même résultat.

Cette dernière connaissance, en détruisant les soupçons conçus sur l'emploi qu'on aurait fait des instrumens cités plus haut, est aussi utile à la justice qu'intéressante pour la chimie.

Elle prouve que la rouille qui se forme sur le fer dans l'intérieur des maisons est susceptible d'absorber les vapeurs ammoniacales qui s'y développent, et de les retenir assez fortement.

M. Laugier, à qui j'ai fait part de cet objet, l'a confirmé sur une rouille de fer qui s'est formée dans son laboratoire; il a obtenu de plus des traces d'acide sulfureux qui se sont développées sur la fin de l'opération.

Nota. La rouille de fer absorbe aussi les vapeurs animales; car, en faisant les essais ci-dessus, nous avons constamment aperçu des vestiges d'huile brune sur les parois des tubes.

NOTE *sur un Sel quadruple formé pendant la précipitation du cadmium par le zinc.*

PAR Mr F. TASSAERT.

POUR séparer le cadmium des métaux qui l'accompagnent toujours, M. Wollaston fait dissoudre la mine de zinc dans l'acide sulfurique, précipite le cuivre de

cette dissolution par une lame de fer, et sépare ensuite, au moyen du zinc, le cadmium resté seul avec le fer.

C'est en suivant ce procédé, légèrement modifié, que l'on obtint le sel dont il s'agit.

On avait fait une dissolution de la mine dans l'acide sulfurique, à laquelle on avait ajouté de l'ammoniaque : tant que l'excès d'acide sulfurique, en dissolvant le zinc, entretenait dans la liqueur une effervescence assez vive, on n'apercevait que la précipitation du métal dont le zinc prenait la place ; mais dès que la liqueur commençait à se saturer, il se déposait sur le morceau de zinc métallique des cristaux blancs, transparens, d'abord assez petits, mais qui augmentaient rapidement de volume.

Ces cristaux sont très-durs, assez solubles dans l'eau, à laquelle ils communiquent une forte saveur astringente : ils se placent de préférence à la surface de la lame métallique et s'y incrustent toujours à plus de 1 ou 2 lignes de profondeur. M. Delafosse, qui a bien voulu se charger d'en faire l'examen cristallographique, a reconnu qu'ils étaient identiques avec ceux de la variété d'alun ou de spinelle, que M. Haüy nomme *primitive segminiforme*, parce qu'elle ressemble à un segment d'octaèdre régulier, coupé parallèlement à deux de ses faces opposées. Ils ont pour base, d'une part, un triangle équilatéral, et de l'autre un hexagone régulier ; et pour faces latérales trois trapèzes et trois triangles équilatéraux qui alternent avec les trapèzes : la base hexagonale est parfaitement lisse ; la base triangulaire, au contraire, est évidée et présente l'apparence d'une pyramide creuse à trois faces.

Ces cristaux furent soumis aux expériences suivantes :

1°. La potasse caustique en dégage une forte odeur d'ammoniaque ;

2°. Le nitrate de baryte y fait un précipité insoluble de sulfate de baryte ;

3°. Le prussiate de potasse y forme de suite un précipité de bleu de Prusse ;

4°. Enfin, l'ammoniaque, la potasse, où les carbonates alcalins en précipitent de l'oxide de zinc, soluble dans un excès de ces réactifs.

Ce sel est donc formé par l'union simultanée des oxides de fer, de zinc et de l'alcali volatil à l'acide sulfurique. C'est un sel quaternaire ou quadruple, et quoiqu'on y trouve du fer en quantité notable, il est absolument sans couleur, bien transparent et cristallisé.

Sa dissolution dans l'eau est neutre quand il a été bien lavé et mis à égoutter : abandonnée au contact de l'air, elle se décompose et laisse précipiter du peroxide de fer ; mais elle n'éprouve aucun changement dans des vaisseaux fermés.

Comme il était assez intéressant de connaître le rapport des diverses substances qui le composent, voici le procédé qu'on a suivi :

On a fait dissoudre dans l'eau 5 grammes de ce sel, on y a versé du muriate de baryte en léger excès : le précipité de sulfate de baryte, bien lavé, séché et calciné, pesait 5g.,86 ; ce qui correspond à 1g.,995 pour la totalité de l'acide sulfurique contenu dans ces 5 gram.

Cinq gram. du même sel, dissous et tenus en ébullition avec l'acide nitrique, puis précipités par un excès

d'ammoniaque, donnèrent 0g.,075 d'oxide de fer, lesquels, convertis en protoxide, exigeraient 0g.,083 d'acide sulfurique pour former 0g.,158 de sulfate de fer.

La dissolution ammoniacale de ces 5 gram. fut ensuite saturée par un peu d'acide sulfurique, évaporée à siccité et soumise à une chaleur suffisante pour sublimer les sels ammoniacaux : le résidu, pesant 1g.,950, était du sulfate de zinc; en le redissolvant dans l'eau, on s'assura de sa pureté : ces 1g.,950 doivent contenir 0g.,963 d'acide.

Pour estimer la quantité d'ammoniaque contenue dans ce sel, il ne reste plus qu'à faire la somme des quantités d'acide sulfurique nécessaires pour constituer les sulfates de fer et de zinc, et à retrancher cette somme de la quantité d'acide sulfurique fournie par le sulfate de baryte. En suivant cette méthode, on trouve que le fer et le zinc exigent 1g.,05 d'acide sulfurique pour devenir sulfates; en retranchant donc 1g.,05 de 1g.,995 d'acide fourni par le sulfate de baryte, il reste 0g.,945 pour la quantité d'acide qui doit être unie à l'ammoniaque, dont le poids doit être par suite de 0g.,402 pour fournir ainsi 1g.,347 de sulfate d'ammoniaque.

Maintenant, en faisant la somme de tous ces sulfates et en la retranchant des 5 gr. de matière employée, la différence nous donnera la quantité d'eau de cristallisation de ce sel : or, la somme est égale à 3g.,455, qui, retranchés de 5 gr., donnent 1g.,545 pour l'eau de cristallisation.

D'après cette méthode, ce sel quadruple serait formé :

	Sur 5.	Sur 100.
Eau de cristallisation,	1,545	30,90;
Sulfate de fer,	0,158	3,16;
Sulfate de zinc,	1,950	39,00;
Sulfate d'ammoniaque,	1,347	26,94.
	5,000.	100,»».

Si l'on cherche à combien d'eau de cristallisation chacun de ces sulfates en particulier peut se combiner, on trouve que

3g., 16 de sulfate de fer absorberaient.	1,450 d'eau.
39,»» de sulfate de zinc...........	13,930
26,94 de sulfate d'ammoniaque......	8,380.
Total.....	23,760.

Il y a ici une différence de 7,14 pour cent avec la quantité d'eau de cristallisation trouvée plus haut : ce qui marque que ce sel contient plus d'eau que ses composans, et qu'il n'est point un simple mélange, mais bien le résultat d'une union intime et chimique.

LETTRE *de M.* Clément *au Président de l'Académie des Sciences, sur la découverte d'une pierre propre à la fabrication du ciment romain.*

C'EST une chose qui a paru sans doute d'une bien grande importance à tous les voyageurs qui ont parcouru l'Angleterre, que la découverte du ciment auquel

on a donné le nom de *ciment romain.* Son usage permet de fonder solidement à la mer les ouvrages les plus exposés à ses effets destructeurs, et donne un aspect très-agréable aux maisons. J'avais souvent fait des vœux pour que notre pays pût jouir des précieux avantages de la découverte de Parker : maintenant mes vœux seront satisfaits. M. Minard, mon ami, ingénieur du canal du Centre, vient de me communiquer les résultats d'un travail sur ce sujet, qui l'occupe depuis cinq à six mois, et qui me semblent d'un très-grand intérêt. Je vous serai obligé de les faire connaître à l'Académie.

1°. Il a trouvé, dans le département de Saône-et-Loire, plusieurs carrières de pierres calcaires qui donnent du ciment romain aussi bon que celui d'Angleterre. Elles sont fort abondantes, puisque dans l'une de ces carrières il existe un banc de 5 mètres d'épaisseur.

Plusieurs des échantillons que j'ai examinés sont tout-à-fait semblables à ceux que j'ai rapportés dernièrement de la rive gauche de la Tamise. Calcinées convenablement, quelques-unes de ces pierres donnent des cimens qui peuvent durcir sous l'eau beaucoup plus vîte que le ciment anglais et atteindre la même dureté. Il en est d'autres qui durcissent plus lentement, mais qui deviennent plus solides.

2°. M. Minard a poussé ses recherches plus loin, et il a découvert que la propriété de donner du ciment romain appartient presque à toutes les pierres calcaires. Il en a fait avec quelques-unes qui ne contenaient que $\frac{11}{100}$ d'argile : il suffit que leur calcination soit lente et peu avancée. Certaines pierres, employées depuis un temps immémorial à faire de la chaux, donnent à vo-

lonté du ciment romain qui prend en un quart d'heure, ou d'autre qui ne prend qu'en quatre ou cinq jours, ou enfin, de la chaux grasse qui ne prend pas. Pour cela, la pierre doit perdre 8, 12 ou 30 pour cent par la calcination. Il faut remarquer que déjà M. Vicat, à qui l'on doit tant de choses neuves sur les mortiers, a publié tout récemment un fait qui s'accorde parfaitement avec la remarque générale de M. Minard, c'est que la craie, faiblement calcinée, donne une matière susceptible de prendre sous l'eau.

3°. Plusieurs expériences ont fait présumer à M. Minard que les cimens romains ne doivent leur qualité qu'à un sous-carbonate de chaux produit par l'action du feu sur le carbonate naturel.

Il a d'abord porté son attention sur les deux premiers résultats qui promettaient de prochains succès pour son art. Ses expériences ont été très-nombreuses, et j'en ai vu les produits. La conséquence heureuse qu'il en a tirée, savoir, que l'on peut faire du ciment romain presque partout où l'on a de la pierre calcaire, me paraît hors de doute. Quant à la dernière vue, ce premier pas dans la théorie du ciment romain, M. Minard la poursuit, et probablement sous peu elle sera constatée.

J'ai l'honneur, etc.

Châlons-sur-Saône, le 10 octobre 1823.

Analyse du *Kaolin.*

Par Mr P. Berthier,

Ingénieur au Corps royal des Mines.

On pense généralement que le kaolin a été, dans l'origine, du feldspath solide; et cette opinion est fondée sur un grand nombre d'observations minéralogiques et géologiques qui ne paraissent pas susceptibles d'être contestées. On a cru d'abord que, pour se transformer en kaolin, le feldspath n'avait dû éprouver qu'une désagrégation qui l'avait amené à l'état de poudre impalpable; mais les analyses publiées par M. Vauquelin (*Bul. phil.*, n° 26), et par Rose (*Karsten Tabellen*, p. 37), ayant fait voir que ces deux substances ont une composition fort différente, on a été forcé de reconnaître que, dans cette transformation, le feldspath était profondément altéré. La plupart des minéralogistes disent actuellement que le kaolin est du feldspath dont la potasse a été enlevée par une cause quelconque. Je vais montrer, en comparant entr'elles et avec le feldspath plusieurs variétés de kaolin, que cette idée n'est pas exacte, et je rechercherai en quoi diffèrent réellement ces deux substances.

Voici les résultats que l'analyse a donnés :

	St-Yriex. (1)	Schneeberg. (2)	Meissen (3)	St-Tropez. (4)	Mende. (5)	Normandie (6)
Silice......	0,468	0,436	0,586	0,558	0,635	0,500
Alumine....	0,373	0,377	0,346	0,260	0,280	0,250
Potasse.....	0,025	.....	0,024	0,082	0,010	0,022
Magnésie ...	trace.	.....	0,018	0,005	0,080	0,007
Chaux.......	.....	.....	.....	.....	.....	0,055
Oxide de fer.	.....	0,015	.....	0,018	.....	0,085
Eau........	0,130	0,126	.....	0,072	.....	0,095
	0,996	0,954	0,976	0,990	1,005	1,014

On voit, par ces analyses, que la composition des kaolins est variable. Je crois que cela tient à deux causes; d'abord, à ce qu'il est presqu'impossible de les purifier

(1) Kaolin de Saint-Yriex (Haute-Vienne), préparé par décantation à la manufacture de porcelaine de Sèvres, et desséché. Il est parfaitement blanc. Lorsqu'il n'a pas été calciné, il est attaquable par les acides forts, et entr'autres par l'acide sulfurique concentré : on peut aisément, par ce moyen, se procurer du sulfate d'alumine pur, et, par suite, de l'alumine. La partie non attaquée par l'acide, bien lavée et calcinée, contient :

Silice,	0,693;
Alumine,	0,267;
Potasse,	0,030;
Magnésie,	0,010.
	1,000.

(2) Kaolin de Schneeberg (Saxe). Il est légèrement rougeâtre. On en a séparé les parties pierreuses dont il est mé-

complètement par le lavage, parce qu'il y a toujours des portions très-ténues de quartz et de feldspath qui restent en suspension dans l'eau; et ensuite, à ce que le feldspath ne se décompose probablement que graduellement et passe par une multitude d'états avant de se changer en kaolin parfaitement pur. Il y a tout lieu de croire que celui-ci ne retient pas du tout de potasse.

On doit remarquer que, dans tous les kaolins, la proportion d'alumine est, par rapport à la proportion de la silice, beaucoup plus grande que dans le feldspath; il en résulte que ce minéral ne perd pas que de la

---

langé par le lavage : la pâte comprend l'alcali dont on a constaté l'existence, mais que l'on n'a pas pu doser.

(3) Kaolin de Meissen. On dit qu'il provient d'une roche porphyrique. Il est d'un beau blanc, mais très-mélangé de quartz. On l'a purifié par décantation. La pâte, desséchée, perd 0,10 d'eau par la calcination.

(4) Kaolin de la Garde-Freynet, près Saint-Tropez (Var). Il forme un banc de 12 à 14 mètres d'épaisseur, accompagné de granite graphique, au milieu d'un terrain de schiste micacé. Il est mêlé de feldspath lamelleux et de mica. Il ne fournit guère que la moitié de son poids de véritable kaolin suspensible dans l'eau. Il est très-sensiblement coloré en rouge.

(5) Kaolin des Fourches, près Mende (Lozère). Il est mêlé d'une quantité considérable de sable feldspathique à très-gros grains. Il a une faible teinte rougeâtre.

(6) Kaolin de Normandie. Il est très-coloré par de l'oxide de fer; cependant il n'en contient pas autant que ce tableau l'indique, parce que cet oxide retient encore beaucoup d'alumine.

potasse en se changeant en kaolin, comme on l'a cru, et que la cause qui en opère la décomposition lui enlève en même temps une grande quantité de silice. Si l'on admet que la potasse que contiennent les kaolins provient d'une portion de feldspath non décomposé, on trouve aisément que, dans le kaolin de Saint-Yriex, supposé parfaitement pur, la silice serait à l'alumine à très-peu près dans le rapport de 52 à 48 : or, ce rapport est celui qui constitue le silicate d'alumine AS; et comme la formule du feldspath est $KA^3 S^{12}$, il s'ensuit que, dans la supposition que nous avons faite, ce minéral abandonne le silicate de potasse KS^9, et perd par conséquent les deux tiers de son poids en passant à l'état de kaolin. Tel me paraît être effectivement le changement chimique qu'éprouve le feldspath par la lente décomposition qu'il subit dans le sein de la terre. La cause de ce phénomène extraordinaire est absolument inconnue, et il est d'autant plus difficile de s'en faire une idée, que l'eau, à laquelle on pourrait être tenté de l'attribuer, paraît être sans action sur le silicate alcalin avec grand excès d'acide KS^9.

Rose a analysé un kaolin qui présente presqu'exactement la composition à laquelle je suis parvenu par induction, puisqu'il y a trouvé :

Silice,	0,5200 ;
Alumine,	0,4700 ;
Oxide de fer,	0,0033.
	0,9933.

Le kaolin de Schneeberg diffère peu du kaolin de

Saint-Yriex. Dans le kaolin de Saint-Tropez, le feldspath n'est qu'à moitié décomposé.

On sait maintenant qu'il y a des feldspaths à base de potasse, à base de soude et à base de magnésie, et que ces trois espèces sont susceptibles de se combiner ensemble en toutes proportions. Il est très-probable que les kaolins de Meissen proviennent d'un feldspath un peu magnésien, et que celui de Mende est dû à la décomposition partielle d'un feldspath dans lequel la magnésie est dominante.

Quant au kaolin de Normandie, il est très-impur, et je ne puis dire si la chaux est accidentelle ou si elle annonce l'existence d'un feldspath dans lequel cette terre remplacerait en partie l'alcali.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	764,43	+18,9	82	763,91	+20,8	72	762,75	+21,8	64	762,70	+16,2	90	+21,8	+11,0	Nuageux.	N.
2	761,57	+20,8	74	760,68	+24,2	61	758,76	+25,0	58	758,90	+17,8	81	+25,0	+10,8	Beau.	S O.
3	760,53	+19,2	84	760,73	+21,1	66	761,30	+20,2	66	763,60	+13,8	81	+21,1	+13,8	Légères vapeurs.	O. N. O.
4	765,47	+18,5	81	764,92	+22,2	68	764,07	+23,9	62	764,60	+17,5	79	+24,0	+12,0	Légers nuages.	O.
5	763,40	+20,2	67	762,50	+24,2	61	761,14	+25,0	62	761,58	+17,4	84	+25,0	+12,0	Très-beau.	S. O.
6	761,42	+17,1	98	760,67	+20,9	77	759,14	+22,8	77	758,85	+17,0	79	+22,8	+13,2	Couvert.	N. N. O.
7	758,80	+16,1	79	758,54	+19,0	67	758,38	+19,2	63	760,06	+13,2	74	+19,3	+10,9	Nuageux.	N. E.
8	761,72	+14,4	75	761,68	+16,5	64	761,04	+17,5	59	760,80	+12,5	74	+17,5	+ 8,9	Nuageux.	N. E.
9	761,23	+14,2	[illegible]	760,62	+17,6	63	759,[illegible]	+19,2	58	760,03	+13,9	78	+19,3	+ 8,0	Beau.	N. E.
10	761,24	+14,4	79	761,[illegible]	+18,2	68	760,35	+19,5	61	760,86	+15,0	76	+19,5	+ 7,8	Beau.	E. N. E.
11	762,70	+17,2	77	762,36	+20,0	65	761,43	+20,9	66	761,45	+16,2	79	+20,9	+10,8	Beau.	E. N. E.
12	760,35	+17,0	78	759,50	+21,9	79	758,30	+23,5	62	757,47	+17,8	71	+23,5	+ 9,0	Nuageux.	E. S. E. faible.
13	757,17	+21,2	76	756,42	+28,2	70	755,20	+29,4	63	754,98	+20,6	77	+30,0	+11,0	Couvert.	S.
14	754,03	+23,5	84	752,92	+29,5	71	751,70	+24,8	84	749,58	+20,1	97	+30,0	+16,2	Petits nuag. à l'horiz.	S O.
15	748,96	+20,7	74	750,80	+2[illegible],9	68	750,97	+22,9	60	752,70	+15,8	90	+22,9	+15,7	Couvert.	O. S. O.
16	755,50	+16,0	87	755,90	+18,4	70	756,36	+19,5	60	758,90	+12,8	82	+19,5	+12,8	Nuageux.	O.
17	759,76	+16,1	79	759,40	+21,2	67	758,90	+20,5	70	760,38	+17,4	87	+21,3	+ 9,5	Nuageux.	N. O.
18	764,33	+16,5	88	764,60	+19,0	72	764,63	+18,9	62	763,44	+14,5	82	+19,0	+14,5	Nuageux.	N. E.
19	764,02	+14,0	87	762,85	+18,9	76	761,50	+21,8	67	761,82	+14,5	82	+21,8	+ 7,5	Beau.	N.
20	761,94	+13,8	89	760,76	+17,3	74	759,64	+19,2	69	759,42	+13,8	96	+19,2	+ 8,6	Nuageux.	N. O.
21	758,78	+14,0	85	757,50	+18,5	67	755,47	+18,5	63	752,73	+14,0	78	+18,5	+ 8,1	Nuageux.	N. O.
22	745,58	+15,2	82	744,15	+16,0	78	743,60	+11,4	92	744,72	+10,5	96	+17,4	+10,5	Nuageux.	O.
23	754,06	+10,9	91	755,23	+14,2	71	756,00	+15,0	68	757,74	+10,8	84	+15,0	+ 9,0	Couvert.	N. N. O.
24	757,42	+11,0	96	757,62	+13,5	99	757,26	+15,5	99	758,00	+15,2	99	+15,5	+10,2	Pluie continuelle.	O.
25	759,82	+16,5	97	759,52	+19,5	86	758,92	+19,5	84	758,40	+16,8	93	+19,5	+15,0	Couvert.	O.
26	755,80	+16,6	96	754,62	+21,8	86	753,27	+20,4	87	752,27	+16,	99	+21,8	+13,2	Couvert.	E. N E.
27	751,92	+16,2	92	752,56	+15,0	91	752,50	+17,0	79	753,53	+12,7	86	+17,0	+12,0	Couvert.	N. O.
28	754,40	+11,8	89	754,68	+13,4	91	754,32	+14,4	81	754,65	+12,5	86	+14,4	+10,0	Couvert.	N E.
29	754,67	+11,9	86	753,54	+14,5	75	752,70	+16,0	68	751,56	+10,6	89	+16,0	+ 8,3	Nuageux.	N. E.
30	747,93	+12,4	91	746,68	+16,8	76	744,60	+16,8	74	744,20	+ 9,8	99	+16,8	+ 4,3	Nuageux.	S. O.
1	761,98	+17,4	79	761,53	+20,5	67	760,68	+21,4	63	761,20	+15,4	80	+21,5	+10,8	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	758,88	+17,6	82	758,55	+21,6	71	757,86	+22,1	66	758,21	+16,4	84	+22,8	+11,6	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 3,105
3	754,04	+13,6	90	753,61	+16,3	82	752,86	+16,4	80	752,78	+12,9	91	+17,2	+10,1	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 2,740.
	758,30	+16,2	84	757,80	+10,4	[illegible]3	757,13	+20,0	70	757,06	+14,0	85	+20,6	+10,8	Moyennes du mois, +15°,7.	

SUITE

Du troisième Mémoire sur les Canaux de navigation considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses.

PAR Mr P. S. GIRARD.

Nous avons supposé jusqu'à présent que les revêtemens du sas et les bajoyers des écluses étaient construits en maçonnerie. Lorsque les canaux traversent des pays boisés, ou des terrains d'alluvion dépourvus de carrières, il peut devenir plus économique d'exécuter ces revêtemens et ces radiers en charpente. Nous allons rechercher quelle doit être alors la chute des écluses propres à racheter la pente d'une portion donnée de canal avec la moindre dépense possible.

Ces revêtemens en charpente sont formés de montans verticaux, mn, $m'n'$, $m''n''$, etc. (fig. 4 et 5), également espacés entr'eux et servant d'appui à des cours de madriers horizontaux lh, contre lesquels s'exerce la poussée du terre-plein de l'écluse : le revêtement en charpente est donc composé d'un certain nombre de travées $mn\ m'n'$, $m'n'\ m''n''$, etc., toutes égales entr'elles, et dont par conséquent chacune soutient une portion égale de la poussée du terre-plein de l'écluse.

Les écluses de maçonnerie et de charpente étant composées des mêmes parties, nous aurons une expression générale de la dépense de celles-ci précisément semblable à l'expression de la dépense de celles-là. Il faudra seulement substituer aux dépenses $p'F'(x)$, $p''F''(x)$, $p'''F'''(x)$

des revêtemens et des radiers de maçonnerie, les dépenses analogues $p_{,}F_{,}(x)$, $p_{\prime\prime}F_{\prime\prime}(x)$, $p_{\prime\prime\prime}F_{\prime\prime\prime}(x)$ des portes, des revêtemens et des radiers de charpente, en observant que les dépenses $p'F_{,}(x)$ et $p_{,}F_{,}(x)$ de la construction des portes sont les mêmes dans les deux hypothèses; on aura ainsi les formules :

$$(11)\quad P_{,}+P_{\prime\prime}+P_{\prime\prime\prime}=p_{,}F_{,}(x)+p_{\prime\prime}F_{\prime\prime}(x)+p_{\prime\prime\prime}F_{\prime\prime\prime}(x);$$

$$(12)\quad d.\left(\frac{a}{x}\left(p_{,}F_{,}(x)+p_{\prime\prime}F_{\prime\prime}(x)+p_{\prime\prime\prime}F_{\prime\prime\prime}(x)\right)\right)=0;$$

dans lesquelles il n'y a plus qu'à remplacer les quantités $F_{,}(x)$, $F_{\prime\prime}(x)$, $F_{\prime\prime\prime}(x)$ par les masses des portes, des revêtemens et du radier déterminées par les équations d'équilibre entre les résistances de ces trois parties de l'ouvrage, et les efforts auxquels elles sont respectivement soumises.

Conservons pour les dimensions de l'écluse les dénominations que nous leur avons précédemment assignées, et désignons par $p_{,}p_{\prime\prime}p_{\prime\prime\prime}$ les prix de l'unité de masse de charpente des portes, des revêtemens et du radier.

Faisons de plus :

L'épaisseur moyenne des portes......... $= z_{,}$,

Les distances mm' et nn' des montans du revêtement et des entre-toises du radier.............. $= s$,

Leur largeur parallèle à l'axe de l'écluse.. $= b$,

L'épaisseur d'un des montans mn...... $= z_{\prime\prime}$,

Celle des madriers auxquels ils servent d'appui................................ $= Z_{\prime\prime}$,

L'épaisseur d'une des entre-toises nq... $= z_{\prime\prime\prime}$,

Celles des madriers du radier.......... $= Z_{\prime\prime\prime}$,

La distance du milieu d'un montant mn

et de l'entre-toise $n\,q$ (fig. 5 et 4) au milieu du montant $m'\,n'$, et de l'entre-toise $n'\,q'$ immédiatement consécutifs . . . . $= s+b$,

Le nombre de travées comprises d'une tête de l'écluse à l'autre sera . . . . $=\frac{L}{s+b}$,

Enfin, le nombre des montàns et des entretoises . . . . $=\frac{L}{s+b}+1$.

Cela posé, on trouve aisément :

$$F_{\prime}(x)=2l(h+x)z_{\prime};$$

$$F_{\prime\prime}(x)=2(h+x)\left(\left(\frac{L}{s+b}+1\right)bz_{\prime\prime}+LZ_{\prime\prime}\right);$$

$$F_{\prime\prime\prime}(x)=l\left(\left(\frac{L}{s+b}+1\right)bz_{\prime\prime\prime}+LZ_{\prime\prime\prime}\right);$$

et par conséquent en faisant les réductions convenables :

$$(13)\,d.\left\{\begin{array}{l}\frac{a}{x}\left(2p_{\prime}l(h+x)z_{\prime}+b\left(\frac{L}{s+b}+1\right)\left(2p_{\prime\prime}(h+x)z_{\prime\prime}+lp_{\prime\prime\prime}z_{\prime\prime\prime}\right)\right.\\ \qquad\left.+L\left(2p_{\prime\prime}(h+x)Z_{\prime\prime}+p_{\prime\prime\prime}lZ_{\prime\prime\prime}\right)\right)\end{array}\right\}=0;$$

de laquelle, après avoir substitué aux épaisseurs $z_{\prime\prime}$ et $Z_{\prime\prime}$, $z_{\prime\prime\prime}$ et $Z_{\prime\prime\prime}$ les valeurs qui leur conviennent, on tirera la valeur de x, propre à rendre la dépense cherchée $P_{\prime}+P_{\prime\prime}+P_{\prime\prime\prime}$ la moindre possible.

1°. *Portes.* Nous avons comme ci-dessus, page 48 :

$$z_{\prime}=\frac{l}{4}\sqrt{\frac{\pi'}{k}(h+x)}.$$

2°. *Revêtemens verticaux.* L'effort horizontal des terres contre la portion de madriers $m\,m'\,n\,n'$, compris

entre deux pôteaux montans consécutifs pour rompre ces madriers en leur milieu suivant un plan vertical, a pour expression, comme il est aisé de s'en assurer :

$$\pi'' \frac{(h+x)^2}{2} \cdot \frac{(s+b)^2}{8}.$$

La résistance de ce panneau de madriers dans son plan de rupture est :

$$k Z_{\prime\prime} Z_{\prime\prime} (h+x),$$

k étant le même coefficient donné par l'expérience que nous avons déjà employé. On a donc cette première équation d'équilibre :

$$\pi'' \left(\frac{h+x}{2}\right)^2 \left(\frac{s+b}{8}\right)^2 = k Z_{\prime\prime} Z_{\prime\prime} (h+x),$$

d'où l'on tire :

$$Z_{\prime\prime} = \frac{s+b}{4} \sqrt{\frac{\pi'' (h+x)}{k}}.$$

La pression des terres sur le panneau $mm'nn'$ de madriers se répartit également sur les deux poteaux montans mn et $m'n'$, entre lesquels il est renfermé ; mais comme chacun des poteaux intermédiaires $m'n'$ supporte aussi la demi-pression qui a lieu contre le panneau contigu $m'n'm''n''$, la charge entière de chacun d'eux est en effet exprimée par

$$\pi'' \frac{(h+x)^2}{2} (s+b),$$

et son effort pour opérer la rupture du poteau montant à

son extrémité inférieure, en le supposant libre par en haut, sera :

$$\pi'' \frac{(h+x)^3}{6}(s+b).$$

La résistance à cette rupture est :

$$k z_{''} z_{''} b.$$

On a donc cette seconde équation d'équilibre :

$$\pi'' \frac{(h+x)^3}{6}(s+b) = k z_{''} z_{''} b;$$

d'où l'on tire :

$$z_{''} = (h+x)\sqrt{\frac{\pi''(s+b)(h+x)}{6kb}}.$$

3°. *Radier.* L'eau que nous supposons s'être introduite du bief supérieur sous le plancher de madriers formant le radier du sas exerce verticalement de bas en haut, pour rompre en son milieu, suivant la largeur de l'écluse, l'un quelconque des panneaux qu'ils forment entre deux entre-toises consécutives, un effort exprimé par :

$$\frac{\pi' l (h+x)(s+b)^2}{8}.$$

On a d'ailleurs, pour la résistance de ce panneau dans son plan de rupture :

$$k Z_{'''} Z_{'''} l;$$

et par conséquent cette troisième équation d'équilibre,

$$\frac{\pi' l (h+x)(s+b)^2}{8} = k Z_{'''} Z_{'''} l,$$

qui donne :

$$Z_m = \frac{(s+b)}{2} \sqrt{\frac{\pi' (h+x)}{2k}}.$$

Enfin, la pression verticale de l'eau contre un panneau quelconque du radier se répartissant également de part et d'autre sur chaque entre-toise qui sépare deux panneaux consécutifs, l'effort pour rompre l'une quelconque de ces entre-toises sera :

$$\frac{\pi' l^2}{4} \frac{(h+x)\ (s+b)}{2};$$

mais sa résistance a pour expression :

$$k z_m z_m b :$$

on a donc cette quatrième équation d'équilibre,

$$\frac{\pi' l^2}{4} \frac{(h+x)\ (s+b)}{2} = k z_m z_m b;$$

d'où l'on tire :

$$z_m = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{\pi' (h+x)\ (s+b)}{2bk}}.$$

Substituons dans l'équation (13) les valeurs de Z_n, z_n, Z_m, z_m que nous venons de trouver, en observant que les poteaux montans et les entre-toises de l'extrémité de l'écluse ne doivent rigoureusement avoir que la moitié de la largeur des autres ; ce qui donne :

$$\frac{L}{s+b}$$

pour le nombre des poteaux montans et les entre-toises de la largeur b, et faisons :

$$2\,\frac{p_{''}\,b\,L}{s+b}\cdot\sqrt{\frac{\pi''}{k}\,\frac{(s+b)}{6.b}}=A$$

$$\frac{2p_{'}l^2}{4}\sqrt{\frac{\pi'}{k}}+2Lp_{''}\,\frac{(s+b)}{4}\sqrt{\frac{\pi''}{k}}=B,$$

$$l\left(p_{'''}\frac{l}{2}\left(\frac{L}{s+b}\right)\sqrt{\frac{\pi'}{k}\,\frac{(s+b)}{2b}}+Lp_{'''}\frac{(s+b)}{2}\sqrt{\frac{\pi'}{2k}}\right)=C;$$

elle se présentera sous cette forme :

$$(14)\; d\left\{a\sqrt{\frac{h+x}{x}}\left(A(h+x)^2+B(h+x)+C\right)\right\}=0.$$

d'où l'on tire, après avoir effectué la différentiation indiquée :

$$(15)\; A(3x-2h)(h+x)^2+B.(x-2h)(h+x)-(x+2h)C=0.$$

Ainsi, la valeur de x dépend de la solution d'une équation du troisième degré.

Si, comme nous l'avons fait plus haut en traitant des écluses de maçonnerie, on néglige ici la dépense des portes, le coefficient constant B se réduira à un seul terme :

$$2p_{''}L\frac{(s+b)}{4}\sqrt{\frac{\pi''}{k}},$$

sans que d'ailleurs la formule (15) subisse aucune altération.

Nous nous bornerons, dans ce qui va suivre, à la seule dépense des revêtemens verticaux et des radiers des écluses de charpente.

On a supposé jusqu'à présent que la distance $s+b$ des poteaux montans du revêtement du sas et des entre-

toises du radier était donnée *à priori*. Cependant, quand aucune condition indispensable ne détermine cette distance, il y a une observation importante à faire.

Il est évident, en effet, que, pour une profondeur de canal et pour une chute quelconque, la poussée des terres contre un panneau ou travée de madriers $mnm'n'$, et par conséquent contre les poteaux montans du revêtement qui le soutiennent, sera d'autant moindre que ces poteaux seront placés à une moindre distance les uns des autres; mais en même temps le nombre des travées deviendra plus considérable sur la longueur de l'écluse; il y a donc un *espacement* de poteaux et d'entretoises qui rend le cube, et par conséquent le prix de ces travées le moindre possible, en supposant, ce qui s'écartera toujours peu de la vérité, $p_{II} = p_{III}$: cet espacement doit donc être déterminé préalablement d'après cette condition.

Le cube de la charpente qui entre dans la construction des revêtemens verticaux et du radier de l'écluse a pour expression :

$$(16)\ldots\ \frac{bL}{s+b}\left\{2(h+x)^2\sqrt{\frac{\pi''}{k}\cdot\frac{(s+b)(h+x)}{6b}} + \frac{l^2}{2}\sqrt{\frac{\pi'}{k}\cdot\frac{(s+b)(h+x)}{2b}}\right\}$$

$$+L\left\{\frac{2(h+x)}{4}\,(s+b)\sqrt{\frac{\pi''}{k}(h+x)} + \frac{l}{2}(s+b)\sqrt{\frac{\pi'}{k}\cdot\frac{(h+x)}{2}}\right\}$$

regardant $(h+x)$ comme une quantité constante et faisant :

$$bL\left\{\begin{array}{c} 2(h+x)^2\sqrt{\dfrac{\pi''}{k}\,\dfrac{(h+x)}{6.b}} \\ +\dfrac{l^2}{2}\sqrt{\dfrac{\pi'}{k}\,\dfrac{(h+x)}{2b}} \end{array}\right\}=M.$$

$$L\left\{\begin{array}{c} 2\dfrac{(h+x)}{4}\sqrt{\dfrac{\pi''}{k}\,(h+x)} \\ +\dfrac{l}{2}\sqrt{\dfrac{\pi'}{k}\,\dfrac{(h+x)}{2}} \end{array}\right\}=N;$$

ce cube deviendra :

$$\frac{M}{\sqrt{s+b}}+N(s+b);$$

et, par la condition du *minimum*,

$$-\frac{M}{2.(s+b)^{\frac{3}{2}}}+N=0;$$

d'où l'on tire l'espacement cherché :

$$(s+b)=\left(\frac{M}{2N}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

Substituant cette valeur de $(s+b)$ dans l'expression du cube de charpente que nous venons de trouver (16), nous aurons :

$$(17)\ \frac{M}{\sqrt{s+b}}+N(s+b)=\tfrac{3}{2}(2NM^2)^{\frac{1}{3}}.$$

Le prix de toutes les écluses qui rachèteront la pente de la portion donnée du canal sera donc :

$$\frac{a p_{\prime\prime}}{x}\left(\frac{3}{2}(2 N M^2)^{\frac{1}{3}}\right);$$

et l'on aura, par la condition du *minimum* de dépense,

$$(18)\quad d.\left(\frac{a p_{\prime\prime}}{x}\left(\frac{3}{2}(2 N M^2)^{\frac{1}{3}}\right)\right)=0;$$

d'où l'on tire :

$$(19)\quad x=\frac{3 M N}{M\frac{dN}{dx}+2 N\frac{dM}{dx}}.$$

Enfin, substituant aux quantités

$$M, N, \frac{dM}{dx}, \frac{dN}{dx}$$

leurs valeurs, on parviendra, toutes réductions faites, à une équation du quatrième degré, d'où l'on tirera la valeur de x.

Cette détermination devient beaucoup plus simple en faisant abstraction de la dépense du radier.

Alors, en effet :

$$M=b L\left(2(h+x)^2\sqrt{\frac{\pi''(h+x)}{k.6 b}}\right)$$

$$N=L.\left((h+x)\sqrt{\frac{\pi''}{k}\frac{(h+x)}{4}}\right);$$

et, par conséquent,

$$3 M N=3 b\frac{L^2.\pi''}{k}(h+x)^4\sqrt{\frac{1}{6 b}}$$

$$\frac{M\,dN}{dx} = \frac{3\,b\,L^2}{2}\,\frac{\pi''}{k}\,(h+x)^3\,\sqrt{\frac{1}{6b}}$$

$$\frac{2\,N\,dM}{dx} = \frac{10\,b\,L^2}{2}\,\frac{\pi''}{k}\,(h+x)^3\,\sqrt{\frac{1}{6b}};$$

donc,

$$\frac{3\,MN}{\frac{M\,dN}{dx}+\frac{2\,N\,dM}{dx}} = x = 6.\frac{(h+x)}{13};$$

donc enfin,

$$(20)\quad x = \frac{6\,h}{7}.$$

Nous avons trouvé précédemment, pour la chute propre à rendre la dépense des bajoyers et murs de sas d'une écluse de maçonnerie la moindre possible :

$$(10)\quad x = h.$$

Ces deux expressions de x, qui sont de la plus grande simplicité, montrent que, pour réduire au *minimum* la dépense de construction des revêtemens verticaux d'une suite d'écluses de maçonnerie ou de charpente destinées à racheter une pente donnée, *la chute de ces écluses ne doit jamais surpasser la profondeur d'eau du canal sur lequel elles sont construites.*

On connaît d'ailleurs, par nos précédens Mémoires, le rapport qui existe entre la dépense d'eau de ces écluses, leur chute et le plus grand tirant d'eau des bateaux qui les traversent, c'est-à-dire, la profondeur du canal. On pourra donc toujours, dans des circonstances données, déterminer cette chute de manière à concilier l'économie dans la construction des ouvrages avec l'éco-

nomie d'eau nécessaire à la navigation ; car celle-ci est comme celle-là susceptible d'une évaluation en argent.

L'équation

$$(5)\ldots \quad P'' = 2Lp''(h+x)^2\sqrt{\frac{\pi''}{3\pi'''}}$$

exprimant, comme on l'a vu, la dépense de construction des bajoyers et des murs de sas d'une écluse de maçonnerie, il est clair que l'on aura, pour la dépense y d'un nombre n d'écluses égales destinées à racheter la pente a entre deux points fixes d'un canal de navigation :

$$nP'' = y = \frac{a}{x}\left(2Lp''(h+x)^2\sqrt{\frac{\pi''}{3\pi'''}}\right),$$

ou plus simplement en faisant $2Lp''\sqrt{\frac{\pi''}{3\pi'''}} = c$

$$y = \frac{ac}{x}(h+x)^2;$$

équation dont les deux membres sont entr'eux comme les coordonnées d'une hyperbole : ainsi, à la même dépense y correspondent toujours deux valeurs inégales de la chute x.

Supposant, par exemple, $x = \frac{1}{2}h$, et $x = 2h$, on trouve également :

$$y = \frac{9}{2}ach.$$

Ainsi, la dépense de construction de quatre écluses, ayant chacune pour chute la demi-profondeur du canal, serait la même que la dépense de construction d'une seule écluse qui aurait pour chute le double de cette profondeur.

En général, si à une seule écluse dont la chute est x on substitue un nombre n d'écluses dont la chute soit $\frac{x}{n}$, on aura, pour la dépense de l'écluse unique :

$$P'' = 2 L p'' (h + x)^2 \sqrt{\frac{\pi''}{3\pi'''}};$$

et pour la dépense de n écluses qui rachètent la même pente,

$$(P'') = 2 L p'' n \left(h + \frac{x}{n}\right)^2 \sqrt{\frac{\pi''}{3\pi'''}}.$$

Supposant

$$P'' = (P''),$$

on aura :

$$(h + x)^2 = n\left(h + \frac{x}{n}\right)^2;$$

d'où l'on tire

$$x = h\sqrt{n};$$

expression de la chute d'une seule écluse, telle que la dépense de sa construction soit exactement équivalente à la dépense de construction d'un nombre quelconque n d'écluses, qui toutes ensemble rachètent la même chute.

Au moyen de la formule précédente, nous avons dressé, pour les dix premiers nombres naturels, les seuls dont les circonstances ordinaires puissent jamais réclamer l'emploi, la table suivante, qui donne la chute d'une seule écluse x, et les chutes partielles $\frac{x}{n}$ d'un nombre n d'écluses de maçonnerie de *dépense équivalente :*

n.	x.	$\frac{x}{n}$.
1	1,0000 h.	1,0000 h.
2	1,4142 h.	0,7071 h.
3	1,7319 h.	0,5773 h.
4	2,0000 h.	0,5000 h.
5	2,2360 h.	0,4472 h.
6	2,4492 h.	0,4082 h.
7	2,6467 h.	0,3781 h.
8	2,8284 h.	0,3535 h.
9	3,0000 h.	0,3333 h.
10	3,1623 h.	0,3162 h.

Nous pourrions faire à la plupart des canaux de navigation qui ont été exécutés en France ou ailleurs l'application des principes théoriques qui sont l'objet de nos différens Mémoires, et montrer comment, en appliquant ces principes, on eût obtenu, sous le double rapport de la dépense de leurs constructions et du volume d'eau qu'ils consomment, des avantages dont ils sont dépourvus; mais, pour ne point mériter le reproche d'aller chercher chez les autres des exemples d'imperfection que l'on trouve dans des ouvrages qui nous sont propres, nous nous bornerons à appliquer notre théorie au canal de Saint-Denis, tel que nous l'avons projeté en 1811 et qu'il a été exécuté depuis.

Dans ce canal, le plus grand tirant d'eau des bateaux, c'est-à-dire, sa profondeur effective... $=h=1^{m}.,50$,

La chute de ses écluses........... $=x=2,60$.

Substituant ces valeurs numériques de h et de x dans la table précédente, on trouve que trois écluses de

$0^{m}.,866$ de chute chacune auraient occasioné une dépense de construction précisément égale à celle d'une seule écluse de $2^{m}.,60$ de chute.

De plus, les dépenses pour la fouille et la charge seulement, des terrassemens d'un canal de navigation dont les extrémités sont fixes, étant proportionnelles aux chutes des écluses qui y sont établies, on voit que les dépenses des terrassemens du canal de Saint-Denis auraient été diminuées dans le rapport de 3 à 1, par le seul fait de la réduction de la chute de ses écluses dans le rapport de $2^{m}.,60$ à $0^{m}.,866$.

Quant à la dépense d'eau nécessaire à la navigation du canal de Saint-Denis, dans les deux hypothèses que nous comparons,

Faisons le tirant d'eau d'un bateau montant. $=t_{,}$;

Celui d'un bateau descendant............ $=t_{,,}$;

La superficie d'un sas $=S=(7^{m}.,80)(40^{m}.)=312$ mèt.

Et considérons le cas le plus défavorable de la navigation, celui où les bateaux montent et descendent isolément, à certains intervalles les uns des autres,

La dépense d'eau pour la montée d'un bateau sera............................. $S(x+t_{,})$;

Celle pour la descente d'un autre... $S(x-t_{,,})$.

Par conséquent, la dépense d'eau qui aura lieu pour cette montée et cette descente sera. $2Sx+S(t_{,}-t_{,,})$;

Et la chute x étant réduite au tiers,
elle se réduira à................ $\frac{2Sx}{3}+S(t_{,}-t_{,,})$.

La différence de ces deux dépenses d'eau dans les deux systèmes de chute ou l'économie du second sur le

premier est donc de $\frac{4Sx}{3}$, ou en nombres ; dans le cas présent de 1082 mètres cubes.

On a supposé que le mouvement de la navigation montante et descendante serait de trois bateaux par jour sur le canal de Saint-Denis ; l'économie journalière eût donc été de 3246 mètres cubes.

On a supposé encore que ce mouvement de trois bateaux par jour consommerait 5714 mètres cubes d'eau ; ainsi, cette consommation se serait trouvée réduite à 2468 mètres.

L'économie qu'on aurait faite eût donc été plus que suffisante pour doubler l'activité de la navigation sur le canal de Saint-Denis, et par conséquent pour en doubler le revenu sans nuire à aucun autre service.

Or, l'évaluation de ce revenu à 129000 francs est une des bases de la concession qui a été faite de ce canal ; ce revenu pourrait donc être porté à 258000 fr. au moins si l'on employait à l'extension de la navigation les 3246 mètres cubes d'eau qu'on aurait économisés par la réduction de la chute des écluses de $2^{m}.,60$ à $0^{m}.,866$.

Si les circonstances ne permettaient pas de faire cet emploi du volume d'eau économisé, il est évident qu'il resterait disponible pour tout autre usage, lequel deviendrait la source d'un revenu quelconque.

Admettant, par exemple, que cette économie journalière de 3246 mètres cubes d'eau devînt l'objet de concessions particulières à raison d'une redevance annuelle de 50 francs par mètre cube, prix des concessions déjà faites des eaux du bassin de la Villette, dans

les différens quartiers de Paris, on en obtiendrait un revenu de 162300 francs.

On voit que le revenu des 3246 mètres cubes d'eau économisés par une meilleure distribution d'écluses sur le canal de Saint-Denis serait à très-peu près le même, soit qu'on l'emploie à l'extension de la navigation sur ce canal, soit qu'on l'emploie à alimenter des concessions particulières dans l'intérieur de Paris; et cependant, pour acquérir ce revenu dont le capital équivaut à plus de trois millions, il suffirait, comme nous l'avons démontré, d'opérer sur la chute des écluses une réduction qui, en tenant compte des chances éventuelles de la pratique, n'occasionerait jamais qu'une très-légère augmentation de dépenses eu égard au capital du revenu qui en proviendrait.

Terminons ce Mémoire par le résumé succinct des propositions qu'il contient.

L'ouverture d'un canal s'opère toujours par des fouilles et des mouvemens de terre plus ou moins considérables, soit qu'on en établisse le lit dans une tranchée à une certaine profondeur au-dessous du terrain naturel, soit qu'on l'établisse au-dessus de ce terrain, sur des levées factices plus ou moins hautes. Ces déblais et ces remblais, ainsi que leurs transports à des distances déterminées, sont désignés généralement sous le nom de *terrassemens*.

Les ponts, les aqueducs, les écluses et généralement toutes les constructions de maçonnerie ou de charpente indispensables à l'établissement d'un canal navigable, sont désignés sous le nom d'*ouvrages d'art*.

Les *terrassemens* et les *ouvrages d'art* d'un canal na-

vigable constituent deux espèces distinctes de travaux que nous avons considérés séparément.

Quant aux premiers, il est essentiel de remarquer que certains terrassemens sont d'une exécution nécessaire pour l'établissement d'un canal artificiel entre deux points fixes et suivant une direction donnée ; ainsi il faudra ouvrir une tranchée profonde ou pratiquer un percement souterain, si cette direction passe du bassin d'une rivière dans le bassin d'une autre ; il faudra de même établir le lit du canal sur un remblai plus ou moins élevé si cette direction traverse quelque vallée.

La distribution et la chute des écluses n'ont par conséquent d'influence sur la valeur des terrassemens qu'à compter de la surface moyenne du sol naturel ou factice, au-dessous ou au-dessus duquel le lit du canal doit être établi.

Cela posé, si l'on divise la dépense totale des terrassemens d'un canal de navigation en deux parts, l'une occasionée par la fouille et la charge des terres, l'autre par leur transport parallèlement à l'axe du canal, on trouve que la première de ces dépenses partielles est proportionnelle à la chute des écluses, et la seconde au carré de cette chute ; d'où il suit que la dépense totale des terrassemens d'un canal quelconque diminue toujours plus rapidement que la chute de ses écluses ne décroît ; de sorte que cette chute étant réduite au tiers, la dépense dont il s'agit devient nécessairement plus de trois fois moindre ; ce qui aurait eu lieu, par exemple, au canal de Saint-Denis si chaque écluse de 2m.,60 eût été réduite à 0m.,866 de chute.

Passant ensuite aux ouvrages d'art et bornant notre

examen à celui des écluses, de la chute desquelles les ponts, sur le canal, et les aqueducs au-dessous, sont évidemment indépendans, nous avons distingué les diverses parties de cet ingénieux appareil par l'objet spécial que chacune d'elles est destinée à remplir.

Nous avons cité, à cette occasion, l'idée heureuse conçue récemment par M. Forey, ingénieur en chef du département de la Côte-d'Or, de supprimer les murs de chute des écluses, en donnant la même hauteur à leurs portes d'amont et d'aval (1). La suppression de ce mur simplifie les constructions, en diminue les frais et les met à l'abri de plusieurs chances de détérioration. Le mérite de cette idée, qui ne peut manquer de la faire accueillir généralement un peu plus tôt ou un peu plus tard, réside dans sa simplicité même. Cependant, depuis l'invention des écluses, qui remonte aujourd'hui à près de quatre siècles, elle n'était venue à l'esprit d'aucun ingénieur. N'est-il pas permis d'en conclure qu'il reste encore quelques améliorations à trouver dans la pratique de certains arts, et que l'autorité de l'exemple ne doit pas les rendre stationnaires?

Si les efforts que doivent soutenir les diverses parties d'une écluse ne sont ni évalués ni pris en considé-

---

(1) M. Pattu, ingénieur en chef du département du Calvados, nous a assuré avoir eu la même idée étant encore élève des Ponts et Chaussées, en 1798. Mais le projet qui lui mérita un premier prix au concours d'architecture hydraulique de cette année ne s'est point encore retrouvé dans les archives de notre école. Le mérite d'une nouvelle découverte sur ces matières doit appartenir à ceux qui la publient.

tation pour en régler les dimensions, on conçoit qu'on peut trouver de l'économie dans la dépense des constructions en diminuant le nombre des écluses, ou, ce qui revient au même, en augmentaut leur chute entre les deux extrémités d'une portion donnée de canal.

Mais il ne doit point en être ainsi; comme dans toute autre machine dont les divers élémens doivent être rendus capables de résister aux efforts respectifs qui s'exercent sur eux, les diverses parties d'une écluse doivent avoir des dimensions qui les rendent capables de soutenir les plus grands efforts auxquels elles sont exposées. Ces efforts sont toujours certaines fonctions de la chute de cette écluse. Afin d'acquérir plus de sécurité, nous les avons déterminées dans les hypothèses physiques les plus défavorables; établissant ensuite l'équation d'équilibre entre l'un de ces efforts, et la résistance que lui oppose la partie de l'appareil contre laquelle il s'exerce, nous avons assigné la forme et les dimensions de celle-ci; ce qui en détermine le volume et par conséquent la valeur en argent, car le prix de ces sortes d'ouvrages s'estime en raison du cube des matériaux qu'on y emploie.

Après avoir fait séparément les mêmes calculs sur toutes les parties de l'écluse, qui d'ailleurs se réduisent à trois, nous avons formé la somme des trois valeurs auxquelles ces calculs nous ont conduits, et nous avons eu l'expression rigoureuse de la dépense nécessaire pour la construction d'un de ces ouvrages.

La dépense d'une seule écluse étant assignée comme on vient de le dire, la dépense d'une série d'écluses égales à

construire sur une longueur de canal prise entre deux points fixes devient évidemment proportionnelle à leur nombre. Ce nombre est lui-même en raison inverse de la chute de chacune d'elles ; et comme cette chute est la seule quantité variable qui entre dans l'expression de la dépense totale à laquelle on parvient, nous avons déduit immédiatement de cette expression, par l'application de la méthode ordinaire de *maximis* et *minimis*, la valeur de cette variable, propre à rendre le moindre possible la dépense totale dont il s'agit.

La valeur la plus générale de la chute d'une écluse de maçonnerie qui donne ce *minimum* de dépense se tire d'une équation du 4e degré ; mais attendu que les portes d'écluses sont toujours très-peu coûteuses en comparaison de leurs radiers et de leurs murs verticaux ; on peut, sans erreur sensible, négliger ce prix des portes, et alors la chute du *minimum* de dépense se déduit d'une équation du second degré.

Cette chute devient précisément égale à la profondeur de canal, ou, en d'autres termes, au plus grand tirant d'eau des bateaux qui doivent y naviguer, lorsque, dans l'évaluation de la dépense, on ne tient compte que des revêtemens verticaux de l'écluse, lesquels en forment toujours la partie la plus dispendieuse.

La simplicité remarquable de cette expression de la chute propre au *minimum* de dépense la rend facile à retenir ; il n'est pas moins digne de remarque que le plus grand tirant d'eau des bateaux employés jusqu'ici sur nos canaux de navigation intérieure ne s'élevant guère au-dessus de 1^{m}., 30, les chutes de 2^{m}., 50 à 3^{m}., qu'on

est dans l'usage de donner aux écluses, se trouvent à-peu-près doubles de celles qu'elles devraient avoir pour que les dépenses de leur construction fussent les moindres possible.

Ce que nous venons de dire s'applique au cas où les écluses sont entièrement construites en maçonnerie, conformément à l'usage qui s'en est généralement établi en France et en Angleterre; mais là où les bois sont abondans, et dans les pays tels que la Hollande, où l'on ne trouve point de carrières, il peut devenir, sinon rigoureusement indispensable, du moins très-avantageux, de construire les écluses en charpente : la discussion de ce système rentrait, par conséquent, dans l'objet de notre Mémoire.

L'expression de la résistance qu'opposent les diverses parties d'une écluse aux efforts qui s'exercent sur chacune d'elles n'est pas la même quand elle est construite en maçonnerie et quand elle est construite en charpente; par conséquent, les équations d'équilibre qui servent à déterminer les dimensions de ces diverses parties sont différentes dans l'un et l'autre mode de construction. Cependant l'application de la méthode de *maximis* et *minimis* à l'expression la plus générale de la dépense en argent d'un certain nombre d'écluses construites en charpente sur une portion donnée de canal, conduit à une équation du 3e. degré; d'où l'on tire, comme dans le cas précédent, la valeur de la chute de ces écluses convenable au *minimum* de dépense.

A la vérité, on ne parvient à cette équation qu'en supposant donné d'avance l'intervalle ou l'espacement des poteaux montans et des entre-toises qui servent d'ap-

pui aux madriers horizontaux, dont, à proprement parler, se compose le revêtement de l'écluse; mais il suffit d'une légère attention pour reconnaître qu'à moins d'être obligé de s'assujettir à des conditions particulières, l'espacement dont il s'agit doit aussi devenir lui-même l'objet d'une question préliminaire.

Il est évident, en effet, que plus les poteaux montans du revêtement de l'écluse seront rapprochés les uns des autres, moins ils devront avoir d'équarrissage, et moins aussi les madriers horizontaux auxquels ils servent d'appui devront avoir d'épaisseur, puisqu'ils auront une moindre quantité de terres à soutenir entre deux poteaux consécutifs. D'un autre côté, par le fait du rapprochement de ceux-ci, ils deviennent nécessairement plus nombreux; l'augmentation du nombre des poteaux montans et la réduction simultanée tant de leur épaisseur que de celle des madriers auxquels ils servent d'appui, établit donc dans l'évaluation du cube de la charpente de l'écluse une compensation qui suit une certaine loi, et par conséquent il existe un espacement de ces poteaux montans, tel que le cube de la charpente du revêtement devient un *minimum* : il convient donc d'assigner d'abord cet espacement.

La solution de cette question est susceptible d'une multitude d'applications utiles : elle indique, par exemple, à quelle distance les solives d'un plancher de charpente doivent être placées les unes des autres pour que ce plancher soit rendu le plus léger possible en conservant la faculté de résister avec la même force à l'action d'une charge donnée repartie, suivant une certaine loi, sur tous les points de la surface; elle indique aussi quel

doit être dans la construction des bateaux de rivière l'écartement des courbes ou membrures sur lesquelles le bordage est cloué, pour que ce bateau acquière la plus grande légèreté sans rien perdre de la résistance que son fond et ses parois doivent opposer à la pression de l'eau dans laquelle il est immergé. Il suffit de citer ces deux cas particuliers du problème que nous avons été conduit à résoudre, pour en faire sentir l'importance. [illegible] cas analogues se présentent fréquemment dans les [illegible]rens arts de construction; et quoique les lois théoriques de la résistance des solides puissent s'y appliquer immédiatement avec beaucoup d'avantage, cette application n'avait point encore été faite.

L'intervalle des poteaux montans du revêtement ayant été ainsi déterminé, si on l'introduit dans l'expression générale de la dépense en argent occasionée par la construction d'un certain nombre d'écluses rachetant une pente donnée, et que l'on suppose nulle la différentielle de cette expression, on obtient une équation du quatrième degré, d'où l'on tire la valeur de la chute qu'il faut donner aux écluses en charpente, afin de rendre le moindre possible la dépense de leur établissement.

Nous sommes parvenus à cette valeur de la chute des écluses en comprenant dans l'expression générale de cette dépense en argent l'expression particulière de celle qui provient de la construction de leurs radiers, c'est-à-dire de leurs revêtemens horizontaux; mais par la nature même de la résistance des bois dont ils sont composés, les dimensions de ces bois et par conséquent leur prix doivent être en même temps fonction de la profondeur du canal et de la largeur des écluses : or, cette largeur

des écluses est indépendante de leur chute ; et comme celle-ci est le seul élément que nous considérions, il convient de ne considérer aussi que la dépense des revêtemens verticaux, la seule qui dépende de cet élément.

Faisant donc abstraction de toute autre dépense, on trouve que pour la réduire au *minimum*, il faut que la chute des écluses en charpente soit précisément égale aux $\frac{6}{7}$ de la profondeur du canal. On se rappelle que pour des écluses de maçonnerie, cette chute dans la même hypothèse doit être égale à cette profondeur entière.

Nous avons déterminé, dans nos précédens Mémoires, l'influence qu'exerce la chute des écluses sur le volume d'eau exigible pour le maintien de la navigation, et dans celui-ci la dépense en argent occasionée par la construction de ces ouvrages.

L'économie d'eau que l'on obtient est, comme on l'a vu, d'autant plus considérable au passage des écluses que leur chute est plus faible ; tandis que le *minimum* de dépense de leur construction correspond toujours à une chute déterminée. Si donc, à dessein d'économiser l'eau, on abaissait la chute des écluses au-dessous de la limite correspondante au *minimum* de dépense de leur construction, on acheterait, en effet, par un sacrifice d'argent, le volume d'eau dont on obtiendrait ainsi la faculté de disposer : il est donc d'une nécessité préalable d'en évaluer le prix. Or, ce prix est incontestablement le capital du revenu que l'on acquiert par l'emploi du volume d'eau économisé, soit à l'extension journalière de la navigation, soit au prolongement annuel de sa durée.

Nous avons cru devoir rendre ce calcul sensible en l'appliquant au canal de Saint-Denis.

L'équation qui exprime le rapport de la chute des écluses à la dépense de leur construction est celle d'une hyperbole rapportée à l'un de ses grands diamètres. La même dépense correspond toujours, par conséquent, à deux chutes différentes en-deçà et au-delà de celle qui rend cette dépense la moindre possible : on trouve, par exemple, que cette dépense reste la même dans les écluses de maçonnerie quand leur chute est égale à la moitié de la profondeur du canal ou quand elle est double de cette profondeur, c'est-à-dire dans ce cas particulier, soit qu'on construire quatre écluses, soit qu'on en construise une seule de chute quadruple.

En général, on peut toujours former une équation de deux expressions identiques, l'une de la dépense à faire pour la construction d'une seule écluse, l'autre de la dépense à faire pour la construction d'un certain nombre d'écluses qui racheteraient la même pente. Cette équation apprend que le nombre cherché des chutes partielles est égal au carré de la chute totale divisé par le carré de la profondeur du canal : nous donnons une table de ces chutes d'écluses équivalentes pour les dix premiers nombres naturels. Enfin nous faisons de l'un des termes de cette table une application au canal de Saint-Denis, et nous trouvons que si les chutes de ses écluses qui ont été fixées à 2m., 60 eussent été réduites au tiers, c'est-à-dire à 0,866 mill., la dépense de leur construction n'en fût pas devenue plus grande, tandis que sur la quantité d'eau consacrée au service de la navigation, on en aurait économisé un volume suffisant pour en doubler l'ac-

tivité au besoin, et par conséquent pour en augmenter le revenu dans la même proportion.

Les recherches théoriques qui sont l'objet de ce Mémoire nous ont conduits à ce résultat remarquable, savoir : que la réduction de chute des écluses, loin d'augmenter la dépense de leur établissement, peut, dans beaucoup de circonstances, contribuer à diminuer cette dépense en même temps qu'elle opère dans toutes sur le volume d'eau nécessaire à l'entretien de la navigation une économie plus ou moins considérable, la plus importante et la première de celles qu'on doit se proposer d'obtenir.

Ces recherches présentent une nouvelle application de la méthode ordinaire de *maximis* et *minimis* à des questions relatives à l'art des constructions. Notre savant confrère, M. Coulomb, donna, il y a près de cinquante ans, en s'occupant de questions de la même nature, les premiers exemples de cette application ; elle peut être utile dans une multitude de cas, que les ingénieurs instruits de tous les corps sauront aisément discerner, et l'usage qu'ils en feront les conduira plus infailliblement qu'aucune autre voie à perfectionner les règles et les procédés des différens arts qu'ils exercent.

Paris, le 29 juin 1823.

Sur *les diverses Amplitudes d'excursion que les variations diurnes peuvent acquérir quand on les observe dans un système de corps aimantés réagissant les uns sur les autres.*

Par M. Biot.

Il y a environ deux ans que, dans la seconde édition de mon *Précis de Physique*, tome II, page 101, j'indiquai un procédé à l'aide duquel on pouvait agrandir presque indéfiniment les variations diurnes de l'aiguille aimantée. Ce procédé consistait à les observer, non pas sur des aiguilles isolées, comme on l'avait fait jusqu'alors, mais sur des systèmes composés de plusieurs aiguilles, soumises à la fois à leurs actions mutuelles et à l'action magnétique de la terre. En effet, quelle que soit la cause encore inconnue des variations diurnes, leur seule existence, comme fait, atteste un déplacement actuel de la résultante magnétique horizontale exercée par la terre : or, quand cette résultante seule agit sur une aiguille aimantée, parfaitement libre de tourner horizontalement autour d'une suspension verticale, elle l'attire et la fixe sur sa direction propre, qui est la seule où l'aiguille puisse rester en équilibre. Conséquemment, si cette direction de la résultante terrestre vient à varier azimuthalement, l'aiguille, librement suspendue, la suit, et lorsqu'elle se fixe, elle se trouve avoir tourné avec elle dans le même sens et d'un mouvement égal. Mais la même égalité de transport n'a plus nécessairement lieu dans les mouvemens angulaires d'un système composé de plusieurs

corps magnétiques indépendans, qui réagissent les uns sur les autres en même temps que la terre agit sur eux; car la direction que prend chacun de ces corps, lorsqu'il est libre de se mouvoir parmi les autres, est déterminée par la résultante générale de toutes les forces magnétiques qui le sollicitent, tant de celles que la terre exerce que de celles qui émanent des corps aimantés environnans : or, l'arrangement du système, et la direction, ainsi que l'intensité des forces qui s'y exercent, peuvent être tels qu'une petite variation de direction ou d'intensité dans l'une d'elles, par exemple, dans l'action de la terre, entraîne des changemens angulaires d'une étendue beaucoup plus considérable dans la direction de quelques-uns de ces corps.

La nature élémentaire de mon *Précis de Physique* ne m'avait permis que d'indiquer, comme je viens de le faire, le principe d'agrandissement des variations diurnes d'après les considérations tirées de la composition des forces sans aucune évaluation analytique.

M. le professeur Barlow, de Woolwich, ayant depuis peu réalisé ce genre de phénomènes, et en ayant fait l'objet d'un Mémoire lu, cet été, à la Société royale de Londres, je crois convenable d'en donner ici le calcul général pour tous les systèmes magnétiques possibles, composés d'un nombre quelconque de corps libres, ou en partie libres et en partie fixés, et animés d'un magnétisme permanent.

Pour ne pas tomber dans des complications tout-à-fait inutiles, je supposerai que les axes magnétiques de tous les corps du système sont compris dans un même plan horizontal. Il sera facile, par la décomposition connue

des forces magnétiques, d'étendre la même analyse aux cas où ces axes seraient dans différens plans.

Ceci convenu, rapportons les directions de tous ces axes à deux lignes de coordonnées rectangulaires x et z, et nommons Z, Z', Z'' les angles qu'ils forment respectivement avec la ligne des z. Concevons que, dans un certain état d'équilibre pour lequel on veut d'abord calculer la position des corps du système, la direction du méridien magnétique, qui contient la résultante horizontale des forces magnétiques terrestres, forme, avec cette même ligne des z, un angle i. Comme la configuration des corps du système est supposée connue, ainsi que leur état magnétique, on pourra calculer les momens des forces rotatoires exercées sur un quelconque d'entre eux par tous les autres dans la position indéterminée que nous venons de donner à leurs axes magnétiques. On pourra également calculer le moment statique de la force analogue exercée sur ce même corps par la terre, eu égard à la position actuelle du méridien magnétique terrestre, et à son obliquité sur l'axe magnétique de chaque corps, laquelle se trouve exprimée par les différences angulaires $Z-i, Z'-i, Z''-i$, etc. Si l'on forme la somme E de tous ces momens, pour un quelconque des corps, en considérant comme de même signe ceux qui tendent à le faire tourner dans un certain sens, et comme de différens signes ceux qui tendent à le faire tourner en sens contraire, il faudra, pour que le corps reste en équilibre, que E soit nul. En répétant la même supputation pour les divers corps du système dont le mouvement horizontal est libre, on aura pour leur équilibre autant de conditions analogues :

$$E=0,\ E'=0,\ E''=0; \qquad (1)$$

lesquelles, étant en nombre égal à celui des corps libres, et par conséquent des angles inconnus Z, Z', Z'', suffiront pour déterminer ces angles, et par conséquent les directions des axes magnétiques de tous ces corps. Quant aux corps fixes, il est évident que leur équilibre a lieu de lui-même sans qu'il soit nécessaire de l'établir par une condition spéciale; et aussi ils n'entrent dans les équations précédentes que par les valeurs des actions magnétiques qu'ils exercent sur les corps libres, selon leurs directions supposées connues.

Les équations (1) ne contiennent ici d'inconnues que les angles Z, Z', Z''; car l'angle i du méridien magnétique avec la ligne des z doit être censé fixe et donné pour le cas d'équilibre que l'on considère. Mais maintenant, si l'on veut supposer que cet angle varie d'une quantité quelconque Δi, les angles Z, Z', Z'' devront en général éprouver de certaines variations correspondantes pour que l'équilibre subsiste avec cette nouvelle valeur de i, et, en les représentant par ΔZ, $\Delta Z'$, $\Delta Z''$, elles donneront lieu à autant de nouvelles équations d'équilibre que nous représenterons par

$$\Delta E=0,\ \Delta E'=0,\ \Delta E''=0. \qquad (2)$$

Celles-ci, étant combinées avec les équations (1), suffiront pour déterminer tous les angles Z, Z', Z'', ainsi que toutes leurs variations ΔZ, $\Delta Z'$, $\Delta Z''$ lorsque i et Δi seront données.

Dans les variations diurnes du magnétisme terrestre, telle que l'observation nous les présente, les changemens absolus de l'angle i sont toujours d'une petitesse extrême.

Alors, à moins que quelqu'un des corps du système ne se trouve dans la circonstance tout-à-fait particulière d'un équilibre non stable, circonstance qu'il faudrait nécessairement éviter pour ce genre d'observation, les variations ΔZ, $\Delta Z'$, $\Delta Z''$ seront du même ordre que Δi, quoiqu'elles puissent cependant surpasser Δi dans des proportions plus ou moins considérables.

Donc, si Δi peut être considérée comme tout-à-fait infiniment petite, les équations (2) deviendront les dérivées différentielles des équations (1), c'est-à-dire qu'elles donneront :

$$
(2)\quad
\begin{aligned}
o &= \frac{dE}{di} + \frac{dE}{dZ}\frac{dZ}{di} + \frac{dE}{dZ'}\frac{dZ'}{di} + \frac{dE}{dZ''}\frac{dZ''}{di} +, \text{ etc.}\\
o &= \frac{dE'}{di} + \frac{dE'}{dZ}\frac{dZ}{di} + \frac{dE'}{dZ''}\frac{dZ''}{di} + \frac{dE'}{dZ''}\frac{dZ''}{di} +, \text{ etc.}\\
o &= \frac{dE''}{di} + \frac{dE''}{dZ}\frac{dZ}{di} + \frac{dE''}{dZ'}\frac{dZ'}{di} + \frac{dE''}{dZ''}\frac{dZ''}{di} +, \text{ etc.}
\end{aligned}
$$

Alors la détermination des rapports

$$\frac{dZ}{di},\ \frac{dZ'}{di},\ \frac{dZ''}{di},\ \text{etc.}$$

deviendra facile, puisqu'ils n'entrent dans ces équations qu'au premier degré. Or, il est évident que, selon les valeurs particulières assignées aux angles Z, Z', Z'' par les équations (1), c'est-à-dire par la disposition primitive des corps du système, il pourra très-bien arriver qu'un ou plusieurs des rapports

$$\frac{dZ}{di},\ \frac{dZ}{di},\ \text{etc.}$$

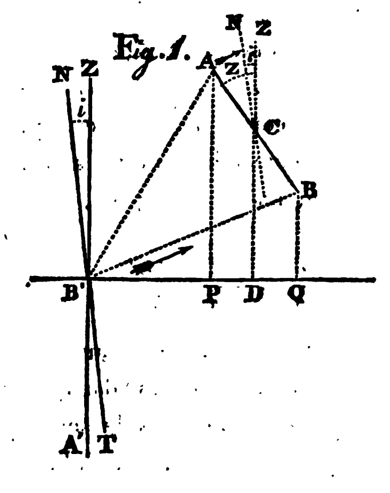
se trouvent exprimés par une fraction dont le dénomi-

nateur soit beaucoup moindre que le numérateur; auquel cas la variation correspondante dZ, dZ', dZ'' sera beaucoup plus grande que di; c'est-à-dire que le mouvement angulaire du corps auquel ce rapport répond sera beaucoup plus considérable que la variation absolue di du méridien magnétique; et, en outre, selon que la fraction

$$\frac{dZ}{di}, \frac{dZ'}{di}, \frac{dZ''}{di}$$

sera positive ou négative, le mouvement angulaire du corps dont il s'agit s'opérera dans le même sens que la variation diurne ou dans le sens opposé. Ces mêmes résultats peuvent également s'obtenir en ne se bornant plus aux quantités infiniment petites; mais alors la disproportion des variations angulaires composées, aux variations simples du méridien magnétique peut être agrandie indéfiniment.

Pour achever de faire sentir la réalité pratique de ces considérations, je les appliquerai à un exemple extrêmement simple, où l'effet du concours des forces, pour agrandir l'amplitude des variations angulaires, se montre avec une entière évidence. Je supposerai donc que dans le plan horizontal $ZB'X$, fig. 1, on a placé deux aiguilles aimantées AB, $A'B'$, dont l'une AB est suspendue à un fil de cocon, de manière à tourner librement autour de la verticale qui passe par son centre magnétique C, tandis que l'autre $A'B'$ est fixée invariablement sur la direction de la ligne des coordonnées z. J'admettrai en outre que A, A' sont les poles de ces aiguilles dans lesquels le magnétisme austral est libre, et qui par conséquent tendent à se diriger vers le pole boréal magnétique de la terre,



tandis que B, B', désignent les poles opposés dans lesquels domine le magnétisme boréal. Je représenterai par $NB'T$ la direction actuelle du méridien magnétique de la terre ; puis, supposant que l'on connaisse les coordonnées rectangulaires $B'D$, DC ou a et b du centre magnétique de l'aiguille mobile, les longueurs $2r$, $2r'$ des deux aiguilles ou plutôt les distances mutuelles de leurs poles considérés comme de simples points, et enfin les intensités absolues F, F' de leurs forces magnétiques, comparées à celle de la terre, représentée par T, je demande de déterminer l'angle DCB ou Z que l'aiguille mobile devra former avec l'axe des coordonnées z pour être en équilibre sous l'influence composée de l'aiguille fixe et de la terre.

A cet effet, il suffit de considérer que si une force, soit attractive, soit répulsive, agit sur les poles de l'aiguille mobile suivant une direction oblique à sa longueur et formant avec elle un angle ω, cette force don-

sera une composante perpendiculaire qui tendra à faire tourner l'aiguille et dont l'intensité actuelle sera proportionnelle à sin. ω.

Appliquant d'abord ceci à la force magnétique terrestre, son action directe sur chaque pole de l'aiguille mobile sera *TF*, proportionnelle au produit de l'intensité magnétique de la terre et du pole. En outre, dans la position supposée de l'aiguille, la direction de cette force forme avec elle un angle $Z-i$; ainsi la composante perpendiculaire qui en proviendra sera $TF \sin. (Z-i)$, et comme il y a une force pareille sur chaque pole, qu'elles tendent toutes deux à faire tourner l'aiguille dans un même sens en la ramenant vers le méridien magnétique, qu'elles s'appliquent enfin à une distance r du centre, il en résultera le moment statique total $2TFr \sin. (Z-i)$, dont l'action sera dirigée dans le sens de la flèche tracée sur la figure 1re.

Considérons maintenant l'action du pole B' sur A et B; elle est proportionnelle au produit des intensités FF' et réciproque au carré de la distance. Soit donc Δ la distance BB', Δ' la distance AB', l'action directe de B' sur B sera

$$\frac{FF'}{\Delta^2},$$

dirigée suivant BB'; et l'action directe de B' sur A sera

$$\frac{FF'}{\Delta'^2},$$

dirigée suivant AB' : on aura ici, en outre, d'après la figure :

$$\Delta^2 = (a + r \sin. Z)^2 + (b - r \cos. Z)^2$$
$$\Delta'^2 = (a - r \sin. Z)^2 + (b + r \cos. Z)^2.$$

Si l'on nomme I, I' les angles $B'BQ, B'AP$, formés par Δ, Δ' avec la ligne des z, on aura encore :

$$\text{Sin.}\, I = \frac{a + r\,\text{sin.}\, Z}{\Delta} \quad \text{cos.}\, I = \frac{b - r\,\text{cos.}\, Z}{\Delta}$$

$$\text{Sin.}\, I' = \frac{a - r\,\text{sin.}\, Z}{\Delta'} \quad \text{cos.}\, I' = \frac{b + r\,\text{cos.}\, Z}{\Delta'}.$$

La force $\frac{FF'}{\Delta^2}$ donnera la composante perpendiculaire $\frac{FF'}{\Delta^2}$ sin. $(Z+I)$, et la force $\frac{FF'}{\Delta'^2}$ donnera la composante perpendiculaire $\frac{FF'}{\Delta'^2}$ sin. $(Z+I')$, l'une et l'autre agissant en sens contraire de la force terrestre. Ainsi, en considérant le moment de celle-ci comme positif, l'action de B' répulsive sur B, attractive sur A, donnera le moment négatif total :

$$-\frac{FF'}{\Delta^2}\, r\,\text{sin.}\,(Z+I) - \frac{FF'}{\Delta'^2}\, r\,\text{sin.}\,(Z+I');$$

expression qui, en développant les sinus et chassant les angles I, I', à l'aide des valeurs trigonométriques qui leur correspondent, se réduit à

$$-FF'r\left\{\frac{1}{\Delta^3} + \frac{1}{\Delta'^3}\right\}\left\{a\,\text{cos.}\, Z + b\,\text{sin.}\, Z\right\}.$$

Si l'on veut considérer de même l'action de A', elle se présentera sous une forme absolument analogue, à l'exception du signe qui sera différent, à cause de la nature opposée du pole ; pour l'obtenir, il suffira de changer b en $b+2r'$ dans l'expression précédente, de sorte que si l'on représente par δ, δ', ce que deviennent, par cette substitution, les distances rectilignes Δ et Δ', on aura d'abord :

$$\delta^2 = (a + r \sin. Z)^2 + (b + 2r' - r \cos. Z)^2$$

$$\delta'^2 = (a - r \sin. Z)^2 + (b + 2r' + r \cos. Z)^2;$$

et le moment rotatoire dépendant de l'action du pole A' sera :

$$+FF'r\left\{\frac{1}{\delta^3} + \frac{1}{\delta'^3}\right\}\left\{a \cos. Z + (b + 2r') \sin. Z\right\}.$$

Comme il n'y a pas d'autres forces qui agissent sur l'aiguille mobile AB, il faudra, pour qu'elle reste en équilibre, que la somme de ces momens soit nulle ; ce qui donne, pour condition analytique définitive :

$$(1)\ o = \begin{cases} 2T \sin. (Z-i) - F'\left\{\frac{1}{\Delta^3} + \frac{1}{\Delta'^3}\right\}\left\{a \cos. Z + b \sin. Z\right\} \\ + F'\left\{\frac{1}{\delta^3} + \frac{1}{\delta'^3}\right\}\left\{a \cos. Z + (b + 2r') \sin. Z.\right\} \end{cases}$$

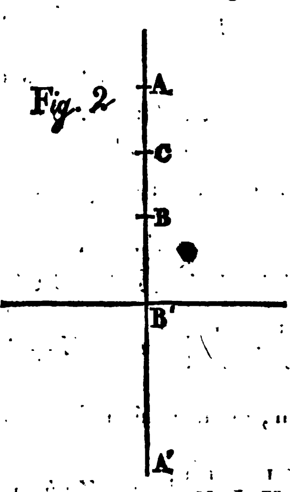
Cette équation, étant différenciée, donne :

$$(2)\ \begin{Bmatrix} 2T \cos. (Z-i) + 3F'r\left\{\frac{1}{\Delta^5} - \frac{1}{\Delta'^5}\right\}\left\{a \cos. Z + b \sin. Z\right\}^2 \\ + F'\left\{\frac{1}{\Delta^3} + \frac{1}{\Delta'^3}\right\}\left\{a \sin. Z - b \cos. Z\right\} \\ - 3F'r\left\{\frac{1}{\delta^5} - \frac{1}{\delta'^5}\right\}\left\{a \cos. Z + (b + 2r') \sin. Z\right\}^2 \\ - F'\left\{\frac{1}{\delta^3} + \frac{1}{\delta'^3}\right\}\left\{a \sin. Z - (b + 2r') \cos. Z\right\} \end{Bmatrix} \frac{dZ}{di} = 2T \cos. (Z-i).$$

Les équations (1) et (2) combinées détermineront Z et dZ, c'est-à-dire, la position primitive, et la variation angulaire de l'aiguille mobile, lorsque i et di seront donnés.

Pour prendre un cas très-simple, je supposerai que la

direction primitive du méridien magnétique était parallèle à la ligne même des Z, ce qui donne i nul; je supposerai encore que l'aiguille mobile ait son centre placé sur cette même ligne, et qu'on l'ait d'abord dirigée précisément sur le méridien magnétique fig. 2; alors les



poles $A'B'$ de l'aiguille fixe étant aussi placés sur cette ligne par nos suppositions précédentes, l'équilibre de l'aiguille mobile sera possible, et c'est aussi ce que l'équation (1) nous montre; car elle se trouve satisfaite lorsque l'on y fait à la fois :

$$a=o. \quad i=o \quad Z=o;$$

ce qui est l'expression des trois conditions que nous venons d'énoncer.

Ces valeurs particulières de a et de Z étant introduites dans les expressions des distances Δ, Δ', δ, δ', donnent :

$\Delta=b-r$; $\Delta'=b+r$; $\delta=b+2r'-r$; $\delta'=b+2r'+r$; résultats qui sont de toute évidence. En les introduisant

aussi dans l'équation différentielle (2), cette équation se réduit à

$$\left\{\begin{array}{l} 2T - F'b\left\{\dfrac{1}{(b-r)^3} + \dfrac{1}{(b+r,)^3}\right\} \\ + F(b+2r')\left\{\dfrac{1}{(b+2r'-r)^3} + \dfrac{1}{(b+2r'+r)^3}\right\} \end{array}\right\}\frac{dZ}{di} = 2T. \quad (3)$$

Le coefficient de $\frac{dZ}{di}$ étant maintenant tout connu, il ne reste qu'à évaluer, pour chaque cas particulier, la valeur numérique de dZ, laquelle pourra être plus grande ou plus petite que di, et de même sens ou de sens contraire, selon la valeur et le signe de ce coefficient.

On peut observer que, dans l'équation générale (1) qui établit l'équilibre, l'action de chacun des poles de l'aiguille fixe sur ceux de l'aiguille mobile se trouve divisée par le cube de leur distance mutuelle. Si donc, pour plus de simplicité, on veut supposer que l'aiguille fixe est extrêmement longue comparativement à la distance de l'aiguille mobile à son pole le plus voisin B', l'action de celui-ci deviendra de beaucoup la plus influente, et pourra même l'être tellement qu'elle soit presque seule sensible. On pourra donc alors se borner à conserver, dans l'équation (1) et dans sa différentielle, les seuls termes dépendans de l'action du pole B', ce qui permettra de suivre avec plus de facilité les diverses positions d'équilibre où peut se placer l'aiguille mobile, ainsi que les amplitudes des variations qui y répondent, sans dénaturer les phénomènes, et en influant seulement sur les valeurs rigoureuses des angles Z.

auxquels chacun d'eux s'opère. Cette simplification, introduite dans l'équation différentielle pour le cas primitif d'équilibre que nous avions adopté tout-à-l'heure et dans lequel Z est nul, la réduit à

$$\left\{ 2T - F'b\left(\frac{1}{(b-r)^3} + \frac{1}{(b+r)^3}\right) \right\} \frac{dZ}{di} = 2T;$$

et, sous cette forme, on peut en interpréter les résultats avec évidence.

D'abord il faut se rappeler qu'en établissant nos calculs nous avons considéré l'action de B' sur B comme répulsive et de même nature que celle de la terre sur le même pole B. Si nous voulions maintenant rendre cette action attractive, il suffirait de changer le signe de F': alors le coefficient de $\frac{dZ}{di}$ deviendrait tout entier positif, du moins en supposant le pole B' extérieur au cercle décrit par le rayon r de l'aiguille mobile, ainsi que nos figures le représentent. Ainsi le sens de la variation dZ serait le même que celui de di, c'est-à-dire que l'aiguille mobile suivrait le méridien magnétique. Mais alors le terme affecté de F', à cause de son changement de signe, s'ajoutant au terme $2T$ dépendant de l'action de la terre, au lieu de s'en soustraire, le coefficient total de $\frac{dZ}{di}$ serait plus grand que le second membre $2T$, d'où il suit que la variation angulaire de l'aiguille mobile serait toujours moindre que la variation absolue di du méridien magnétique. En effet, on voit que, dans ce cas, l'action du pole F' conspirerait avec celle de la terre pour fixer plus énergiquement l'aiguille mobile sur la direction du méridien magnétique primitif.

Mais il en sera autrement si nous supposons l'action de B' sur B répulsive, c'est-à-dire, de même nature que celle de la terre ; car alors, quelque faible que soit cette action représentée ici par F', si le pole B' est toujours en dehors du cercle décrit par l'aiguille AB, comme le représentent nos figures, ce qui rend $b-r$ positif, le coefficient de $\frac{dZ}{di}$ pourra rester encore positif, en devenant moindre que $2T$. Par conséquent, la variation angulaire de l'aiguille mobile sera plus grande que celle du méridien magnétique sans cesser de s'opérer dans le même sens. Dans ce cas, l'action du pole B' combat l'action que la terre exerce sur chacun des poles de l'aiguille mobile, pour les fixer sur la direction du méridien magnétique dans la position primitive AB.

F' augmentant toujours, la différence des deux termes qui composent le coefficient de $\frac{dZ}{di}$, diminue, en restant toujours positive. L'amplitude des variations angulaires dZ croît donc aussi ; mais, par l'effet continu de cet accroissement, elle en viendra à sortir trop au-delà des limites de petitesse que les infiniment petits supposent ; et il faudra recourir aux équations finies en Δi et ΔZ pour pouvoir la calculer numériquement avec rigueur. Ce sens de variations atteint sa limite extrême lorsque l'intensité de F' et sa distance sont telles que l'on ait :

$$2T - F'b\left\{\frac{1}{(b-r)^3} + \frac{1}{(b+r)^3}\right\} = 0 ;$$

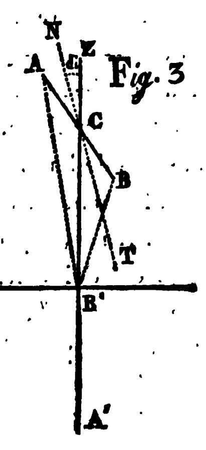
car alors le coefficient de $\frac{dZ}{di}$ étant nul, la valeur de dZ devient infinie ; ce qui indique que, dans ce cas particulier, les lois générales de dérivation d'après lesquelles on a formé l'équation différentielle cessent d'être possibles,

et qu'il faut recourir au développement immédiat pour obtenir la véritable variation de l'angle Z. En effet, si l'on effectue cette opération, en ayant égard à la relation précédente entre T et F', on trouve que la première puissance de l'accroissement ΔZ disparaît, parce qu'elle se trouve affectée d'un multiplicateur nul; de sorte qu'il faut pousser le développement jusqu'aux puissances supérieures.

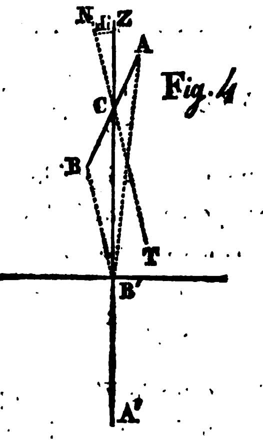
Nous verrons tout-à-l'heure à quoi tient cette circonstance. Pour le moment bornons-nous à remarquer qu'en continuant à faire croître F' sans changer son signe, le coefficient de $\frac{dZ}{di}$ commence à devenir négatif et acquiert une valeur indéfiniment croissante dans ce sens à mesure que F' augmente. Les variations angulaires dZ s'opèrent donc alors en sens contraire des déplacemens di du méridien magnétique; et, d'abord plus grandes que ces déplacemens, elles diminuent de plus en plus d'amplitude à mesure que F' devient plus considérable, jusqu'à ce qu'enfin elles deviennent tout-à-fait nulles quand on suppose F' infini.

En nous bornant aux cas où les valeurs de $\frac{dZ}{di}$ données par l'équation différentielle sont applicables, c'est-à-dire où l'on peut borner les développemens à la première puissance de la variation dZ, il est aisé de comprendre pourquoi les diverses intensités de la force F' rendent successivement le coefficient de $\frac{dZ}{di}$ positif ou négatif, de manière à déterminer dans l'aiguille deux sens opposés de mouvement. En effet, d'après le sens que nous avons donné aux angles i et Z dans la figure 1[re], sur laquelle nos formules sont établies, le cas de dZ positif, en par-

tant de Z nul, assigne à l'aiguille mobile la position représentée figure 3,



tandis que le cas de dZ négatif lui assigne la position représentée figure 4.



Or, pour la figure 3, la valeur positive de dZ faisant dévier l'aiguille mobile dans le même sens où la variation du méridien magnétique s'est opérée, on voit que l'incli-

rupture de son équilibre ait quitté sa position primitive, $B'CZ$ et s'en soit écartée d'un angle très-petit ζ, soit à gauche, comme le représente la figure 3, soit à droite, comme le représente la figure 4, alors l'inclinaison de la force terrestre sur sa direction actuelle sera $\zeta - \iota$ dans le cas de la première, et $-(\zeta + \iota)$ dans le cas de la seconde; de sorte qu'il nous suffira de considérer la figure 3 en admettant la possibilité du changement de signe de ζ. Cette inclinaison produira donc généralement le moment statique $2\,TF \sin.(\zeta - \iota)$ lequel se réduit à $2\,TF(\zeta - \iota)$, si l'on se borne à la première puissance de ι et ζ. Mais en même temps l'action de B' sur les deux poles de l'aiguille produira un moment statique contraire. Donc l'expression exacte sera :

$$FFb\left\{\frac{1}{\Delta^3} + \frac{1}{\Delta'^3}\right\}\sin.\zeta,$$

laquelle se réduit à

$$FFb\left\{\frac{1}{(b-r)^2} + \frac{1}{(b+r)^3}\right\}\zeta$$

lorsque l'on se borne à la première puissance de ζ. Le moment résultant qui anime l'aiguille sera égal à la différence de ces deux momens partiels : or, il est évident que, si la quantité

$$2\,T - Fb\left\{\frac{1}{(b-r)^3} + \frac{1}{(b+r)^3}\right\}$$

est nulle, en vertu de la valeur particulière de la force F, la différence dont il s'agit se trouvera réduite à $-2\,Ti$, et par conséquent elle paraît constante quel que soit ζ; mais cette constance n'est pas réelle, et l'on

verra qu'elle n'a pas lieu exactement si l'on ne se borne pas aux approximations précédentes et que l'on pousse les développemens jusqu'aux puissances supérieures de i et ζ. En effet, le moment statique de la force terrestre deviendra alors

$$2TF\,(\sin.\zeta - \cos.\zeta\sin.i - 2\sin.\zeta\sin.^2\tfrac{1}{2}i)\,;$$

celui qui provient de l'action de F' sera, en se bornant aux troisièmes puissances :

$$FF\,b\left(\frac{1}{(b-r)^3}+\frac{1}{(b+r)^3}-\tfrac{3}{2}br\left\{\frac{1}{(b-r)^5}-\frac{1}{(b+r)^5}\right\}\sin.^2\zeta\right)\sin.\zeta\,;$$

Alors, si l'on prend leur différence, en supposant, comme tout-à-l'heure, que la quantité

$$2T - F'b\left\{\frac{1}{(b-r)^3}+\frac{1}{(b+r)^3}\right\}$$

soit nulle, l'angle ζ ne disparait plus du calcul, car le moment résultant est :

$$2TF\cos.\zeta\sin.i - 4FT\sin.\zeta\sin.^2\tfrac{1}{2}i + \tfrac{3}{2}FF'b^2r\left\{\frac{1}{(b-r)^5}-\frac{1}{(b+r)^5}\right\}\sin.^3\zeta.$$

Ainsi, en l'égalant à zéro, on tirera la valeur de la déviation ζ qui convient pour le nouvel équilibre.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que le méridien magnétique primitif était dirigé suivant $B'CZ$, et qu'on avait mis l'aiguille en équilibre sur cette direction même, ce qui permettait de faire dans l'équation différentielle i et Z nuls à la fois. En effet, on a vu que ces valeurs satisfaisaient à l'équation générale d'équilibre de l'aiguille. Mais, en conservant la même direction primitive au méridien magnétique et à l'aimant AB', c'est-à-dire en faisant toujours i nul et a nul, l'équilibre

de l'aiguille aurait encore pu être établi d'une manière différente. En effet, ces seules suppositions introduites dans l'équation genérale (1), page 149, la réduisent à

$$o=\left[2T-F'b\left\{\frac{1}{\Delta^3}+\frac{1}{\Delta'^3}\right\}+F'(b+2r')\left\{\frac{1}{\delta^3}+\frac{1}{\delta'^3}\right\}\right]\sin.Z;$$

et alors elle peut être satisfaite de deux manières, 1°. en faisant Z nul, et 2°. en posant la condition :

$$o=\left\{2T-F'b\left\{\frac{1}{\Delta^3}+\frac{1}{\Delta'^3}\right\}+F'(b+2r')\left\{\frac{1}{\delta^3}+\frac{1}{\delta'^3}\right\}\right\}, \quad (3)$$

laquelle, lorsqu'elle pourra être satisfaite par des valeurs réelles de Z, rendra en effet nul le moment statique résultant de toutes les forces qui agissent sur l'aiguille lorsqu'elle est dirigée dans l'angle Z.

Pour discuter plus aisément cette équation, rendons comme précédemment l'aiguille fixe $A'B'$ assez longue pour qu'il suffise d'avoir égard à la seule action de son pole B' le plus voisin de A et de B, nous aurons alors simplement:

$$o=2T-F'b\left\{\frac{1}{\Delta^3}+\frac{1}{\Delta'^3}\right\}. \quad (4)$$

Si l'on supposait que l'aimant B' fût d'abord presque infiniment distant de l'aiguille mobile, les termes divisés par les cubes des distances Δ^3 et Δ'^3 deviendraient insensibles, et en conséquence l'équation ne pourrait être satisfaite, puisque leur somme ne pourrait jamais égaler $2T$, du moins en supposant à F' une valeur finie. Dans ce cas, ce second mode d'équilibre serait donc impossible, et il n'y aurait de réel que celui qui est donné par l'autre facteur qui rend Z nul, c'est-à-dire que l'aiguille mobile

ne pourra être en équilibre que sur la direction du méridien magnétique même. Maintenant il en sera encore ainsi lorsqu'on rapprochera l'aimant B' jusqu'à ce qu'on arrive à une telle valeur de b que l'on ait :

$$0 = 2T' - F b \left\{ \frac{1}{(b-r)^3} + \frac{1}{(b+r)^3} \right\}. \quad (5)$$

En effet, puisque l'on a généralement, lorsque a est nul,

$$\Delta^2 = b^2 + r^2 - 2br \cos. Z; \quad \Delta'^2 = b^2 + r^2 + 2br \cos. Z,$$

il est clair que l'équation (4), qui établit l'équilibre, sera satisfaite par la valeur $Z = 0$ si l'on a entre T et F' la relation exprimée par l'équation (5). Ainsi l'aiguille mobile sera alors en équilibre sur la direction du méridien magnétique. Or, la nature de la fonction

$$b \left\{ \frac{1}{\Delta^3} + \frac{1}{\Delta'^3} \right\}$$

est telle que sa valeur diminue constamment lorsque b augmente, la valeur de Z restant la même, du moins tant que l'on suppose le pole B' hors du cercle décrit par l'aiguille mobile; en outre, tant que Δ est moindre que Δ', c'est-à-dire, tant que le pole A est plus voisin de B' que le pole B, cette même fonction diminue aussi à mesure que Z positif ou négatif augmente, la valeur de b restant constante; conséquemment pour toute valeur de b plus grande que celle que l'équation (5) exprime, elle affaiblira trop F' pour permettre de satisfaire à l'équation (4); de sorte que l'aiguille mobile ne pourra être en équilibre qu'en vertu de l'autre facteur, qui donne Z nul; ce qui la place sur la direction du méridien magnétique même; mais une fois qu'on sera arrivé à la valeur de b qui satisfait à l'équation (5), si l'on rapproche B' davantage, il com-

mence à exister des valeurs de Z réelles qui satisferont à l'équation (4), et l'aiguille mobile pourra être en équilibre dans les positions indiquées par ces racines sans cesser toutefois de pouvoir l'être, mathématiquement parlant, sur le méridien magnétique lui-même, avec la seule différence que son équilibre sera stable dans le premier cas et instable dans le second.

Cette progression de phénomènes est celle que Haüy a réalisée par l'expérience, dans son Mémoire sur la manière de rendre sensibles de très-petites quantités de fer par l'intervention d'un aimant auxiliaire que l'on approche graduellement d'une aiguille aimantée, en le plaçant sur le prolongement du méridien magnétique de cette aiguille, de manière que son action se trouve opposée à la force terrestre. Les écarts successifs que Haüy observait répondent aux valeurs réelles de Z de l'équation (4), et il est facile de voir par cette équation même, en y faisant varier à la fois F' et Z que, lorsque l'aiguille mobile est perpendiculaire ou presque perpendiculaire au méridien magnétique, auquel cas Z est égal à 90°, l'équilibre devient instable; de sorte que la plus petite force ajoutée à l'action de F' suffit pour chasser tout-à-fait l'aiguille et amener son pole A vers le pole B', ainsi que Haüy l'observait. Les changemens de direction du méridien magnétique n'y produisent point un effet pareil; car, en faisant $Z=90$ dans l'équation d'équilibre et dans l'équation différentielle, on trouve :

$$\frac{dZ}{di} = \frac{(b^2 + r^2)^2}{15\, b^2 r^2};$$

de sorte que les variations angulaires dZ ne seront pas infinies, quoiqu'elles puissent devenir fort grandes lorsque b sera très-petit par rapport à r, ou r très-petit par rapport à b.

RECHERCHES *sur la Composition élémentaire et sur quelques propriétés caractéristiques des bases salifiables organiques.*

Par MM. DUMAS et PELLETIER.

MÉMOIRE lu à l'Académie des Sciences le 5 mai 1823.

Nous nous étions occupés, l'un à Genève, l'autre à Paris, de quelques recherches sur la composition élémentaire des alcalis végétaux, et comme nos travaux n'étaient pas encore terminés, nous avons cru convenable de nous réunir pour en revoir toutes les parties : ce sont nos résultats que nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie.

La méthode que nous avons suivie dans ces analyses est celle que la chimie doit à M. Gay-Lussac ; quant aux procédés opératoires, ce sont ceux que l'expérience nous a portés à envisager comme les plus simples ou les plus corrects que nous avons mis en usage. L'oxide de cuivre que nous employons est préparé en calcinant le nitrate de cuivre à une température rouge obscure ; il est ensuite lavé soigneusement et chauffé de nouveau à la même température pour en chasser l'humidité ; lorsqu'on veut s'en servir, on le fait rougir légèrement dans un creuset de platine et on le pèse encore chaud.

Le cuivre métallique dont nous faisons usage est à l'état de tournure ; et comme celle-ci est presque toujours salie par quelques matières organiques, nous avons soin de la calciner légèrement, puis de la chauffer dans un tube où nous faisons passer ensuite un courant de gaz hydrogène. La limaille est alors très-nette et ne fournit

plus de gaz étranger dans les expériences; enfin, nous avons soin d'exposer pendant deux ou trois heures cette même tournure, le verre pilé dont nous nous servons pour diviser nos mélanges et les tubes dont nous faisons usage dans une étuve de Darcet. Mais toutes ces précautions ne pourraient suffire si nous n'avions un moyen efficace de ramener nos matières à un état de dessiccation déterminé : heureusement il en est plusieurs pour lesquelles on n'éprouve pas de difficulté : telles sont la morphine, la strychnine, etc. Elles ne semblent pas susceptibles de retenir de l'eau combinée lorsqu'elles ont cristallisé dans l'alcool; on se borne donc à les chauffer à 100 degrés dans le vide pour leur enlever l'eau hygrométrique qui pourrait adhérer à leurs cristaux. Quant à celles qui sont fusibles, comme la quinine, on les fond dans le vide : d'abord, elles se gonflent prodigieusement et produisent une éponge légère ; mais ensuite elles fournissent à peine quelques bulles. Il serait difficile de trouver un moyen plus efficace pour enlever l'eau combinée sans faire éprouver de décomposition à la matière, et il est permis de croire qu'elle n'en conserve pas sensiblement; l'accord des résultats semble du moins le prouver.

Passons maintenant à la combustion elle-même, et cherchons quelles sont les conditions les plus avantageuses pour en recueillir les produits avec précision et certitude. Il est évident qu'il faut pour cela rassembler tout le gaz et le soumettre à un examen ultérieur, peser l'eau et apprécier la quantité d'oxigène fournie par l'oxide de cuivre. La première condition nous semble remplie par les dispositions suivantes : on prend un tube

de verre d'un centimètre de diamètre, d'un millimètre d'épaisseur et de trente à quarante centimètres de longueur environ. On introduit dans le fond un mélange de 0g.,100 de matière et de 2,500 d'oxide de cuivre et de quelques fragmens de verre; on le recouvre de 0,500 d'oxide pur. On place ensuite une couche de verre en poudre grossière d'environ 54 millimètres (2 pouces), au-dessus de laquelle on met une nouvelle dose de mélange semblable à la première; on recouvre cette dernière de verre pilé dans une longueur convenable; on dispose enfin au sommet une colonne de tournure de cuivre de 54 millimètres (2 pouces) au moins; on tire alors à la lampe la partie ouverte du tube, et on enveloppe d'une feuille de clinquant la partie correspondant à la tournure; on adapte enfin, à l'extrémité du tube et au moyen d'un tuyau de caoutchouc, un cylindre plein de muriate de chaux desséché, pesé d'avance : ce cylindre s'ajuste à un tube recourbé pour recueillir les gaz.

La tournure de cuivre est d'abord portée au rouge et maintenue à cette température par une lampe à l'alcool à double courant; quelques charbons placés autour du tube, au moyen d'une grille légère, rendent facile une élévation de température plus forte, si on le juge convenable. On procède alors à la combustion du premier mélange placé au fond du tube en laissant perdre tout le gaz qui en provient : il est aisé de s'assurer qu'on chasse parfaitement ainsi tout l'air atmosphérique que contenait l'appareil. Dès que cette première opération est terminée, on chauffe le second mélange et l'on recueille avec soin tout le gaz qui se produit. Pendant qu'on s'occupe de cette seconde combustion, la partie du tube qu'on avait

d'abord chauffée se refroidit; et comme il est aisé de disposer les mélanges de manière à leur faire occuper sensiblement le même espace, il en résulte que les conditions de dilatation pour le gaz renfermé dans l'appareil ne varient pas non plus sensiblement. D'où il suit que celui qui se rend dans la cloche représente réellement la quantité fournie par le deuxième mélange; et comme l'appareil était purgé d'air, la nature du gaz dépend entièrement de la matière brûlée : c'est de l'acide carbonique très-pur si la matière ne contient pas d'azote; c'est un mélange d'acide carbonique et d'azote si la matière employée en renferme elle-même : or, il est aisé d'analyser ce mélange et de déterminer le rapport de l'azote à l'acide carbonique, et la quantité de celui-ci donne celle du carbone. On peut s'assurer par l'analyse du sucre opérée de cette manière que le second mélange soumis à la combustion fournit un gaz acide carbonique qui, traité par la potasse, ne laisse aucun résidu.

Ayant déterminé les quantités d'acide carbonique et d'azote, on pèse le cylindre, rempli de muriate de chaux, pour avoir la quantité d'eau fournie; et comme l'eau qui s'est déposée provient de deux doses de matière décomposée, on en recueille généralement une quantité assez considérable. D'après ces données, on pourrait avoir la quantité d'oxigène de la matière soumise à l'analyse, en retranchant du poids de cette matière celui du carbone, de l'azote et de l'hydrogène (que l'eau représente). Toutefois il nous a semblé convenable de soumettre cette détermination à une vérification suffisamment approchée pour que la valeur attribuée à l'oxigène pût servir à critiquer celle qu'on adopte pour les autres matériaux.

Or, il suffit de déterminer pour cela avec quelqu'exactitude la quantité absolue d'oxigène contenue dans l'oxide de cuivre, avant et après l'opération : c'est ce que l'on effectue sans difficulté au moyen de l'appareil dont suit la description.

Une longue colonne de verre graduée en centimètres cubiques porte à son sommet une garniture de cuivre courbée presqu'à angle droit ; à cette garniture est adapté un petit ballon de verre. On place l'oxide dans ce dernier, on remplit tout l'appareil de gaz hydrogène pur, on chauffe l'oxide, qui prend bientôt feu et se réduit complètement en absorbant une quantité de gaz considérable. On ouvre le robinet inférieur de l'appareil (robinet qu'on avait tenu fermé pendant la combustion, afin de prévenir la sortie du gaz) ; l'eau remonte dans la colonne, et après le refroidissement, on mesure l'absorption. Comme les dimensions de l'appareil ne permettent pas de s'en servir pour toute la quantité d'oxide qu'on a employée dans l'opération décrite ci-dessus, on pile le tube, qui renferme le résidu, dans un mortier bien sec, et on en prend une fraction pour l'examiner. Nous employons le quart de la masse dans les conditions ordinaires de nos expériences, et nous faisons deux réductions dont nous prenons la moyenne.

L'oxide dont nous faisons usage ayant été préparé avec beaucoup de soin, détruit une quantité d'hydrogène très-rapprochée de celle qu'il devrait absorber, d'après l'analyse que M. Berzelius en a donnée. Voici, pour qu'on en puisse juger, le résultat de trois essais réduits à 0^d., et à 0^m., 76 de pression :

1°. 1 gr. d'oxide a absorbé 282 centim. cub. hydrog.;
2°. 1 gr. 280.5,
3°. 1 gr. 284,

Moyenne. . . 282,16,

qui correspond à 141,08 d'oxigène. Cette valeur transformée en poids (1), en adoptant 0,001432 pour le *centimètre cube d'oxigène*, nous donne 20,202 d'oxigène pour 100 d'oxide de cuivre.

On conçoit maintenant la manière de procéder : nous allons encore la rendre plus claire en l'appliquant à une substance dont la composition sera bien connue, et pour cela nous choisirons le sucre de canne, analysé par MM. Gay-Lussac et Thenard. L'azote n'entre pas dans la composition du sucre; mais les résultats de l'analyse des alcalis végétaux nous fourniront d'autres exemples tirés des matières azotées.

---

(1) Nous avons admis, d'après MM. Berzelius et Dulong, que

Un centim. cub. oxigène.	= gr. 0,001432;
Id. acide carbonique.	= 0,0005472 carbone;
Id. azote.	= 0,001267;
100 parties en poids d'eau.	= 11,1 hydrogène.

Enfin, nous avons adopté, pour le poids de l'atome de ces divers corps, ceux que ces savans ont donnés dans le même Mémoire.

Sucre de canne desséché à la vapeur....... 0,100;
Oxigène de l'oxide employé............ 0,404;
Oxigène de l'acide carbonique.......... 0,110;
Oxigène retrouvé dans le résidu......... 0,295.

La somme de ces deux dernières quantités 0,405 est à un millième près égale à l'oxigène de l'oxide; d'où il suit que la matière contenait tout l'oxigène nécessaire pour transformer son hydrogène en eau, puisqu'elle n'a pris à l'oxide que celui dont elle avait besoin pour faire passer son carbone à l'état d'acide carbonique.

Carbone de l'acide carbonique.....	0,04213;
Oxigène et hydrogène dans les proportions pour faire de l'eau.....	0,05787.
	0,10000.

Nous avons cru ces détails nécessaires avant d'entrer en matière (nous reviendrons cependant sur nos procédés à la fin de ce Mémoire); nous pensons pouvoir passer en revue les différens alcalis végétaux que nous avons soumis à l'analyse; nous ferons précéder les résultats analytiques par les observations que nous avons été à même de faire sur chacun d'eux.

Quinine. Dans un Mémoire que l'un de nous a présenté, conjointement avec M. Caventou, à l'Académie des Sciences, le 11 septembre 1820, la quinine est considérée comme incristallisable. Nous n'avons jamais pu l'obtenir sans cette manière d'être par voie de dissolution, quoique, à l'occasion de l'analyse élémentaire que nous allons présenter, nous ayons obtenu la quinine à un degré de pureté auquel nous n'étions peut-être jamais

parvenus auparavant. Ses dissolutions alcooliques ou aqueuses, évaporées à froid ou à chaud dans l'air ou dans le vide, n'ont jamais fourni de cristaux. Nous sommes cependant parvenus à faire prendre à la quinine une texture cristalline en lui faisant éprouver la fusion ignée dans le vide et la laissant refroidir ainsi d'une manière lente. Dans ce cas, au lieu de conserver son aspect résineux et sa transparence, elle se contracte, devient opaque, et il se forme à sa surface des centres de cristallisation qui rayonnent de tous côtés et produisent ainsi une sorte de moiré très-déterminé : la cassure de la masse est cristalline.

La quinine fondue dans le vide n'éprouve aucun boursoufflement; ce qui nous porte à la regarder comme privée d'eau de combinaison ; cependant, lorsqu'on la laisse séjourner dans de l'eau, elle en absorbe, blanchit, devient friable ; desséchée ensuite à l'air ou comprimée dans du papier joseph, elle conserve encore de l'eau que la fusion lui enlève aisément et qui ne s'élève guère qu'à 3 ou 4 centièmes. Il est difficile, d'après cela, de décider si c'est réellement un hydrate qui se produit dans cette circonstance.

La quinine fondue devient idioélectrique et prend l'électricité résineuse avec beaucoup d'intensité quand on la frotte sur un morceau de drap. Le sulfate de quinine possède une propriété très-remarquable que M. Callaud d'Annecy a observé le premier. Ce chimiste estimable a vu ce sel exposé à une température de 100 degrés devenir lumineux, surtout lorsqu'on le soumettait à un léger frottement. Nous soupçonnions depuis long-temps que la phosphorescence était un phénomène électrique

par sa nature, et nous avons profité de cette occasion pour vérifier nos conjectures. Une certaine quantité de sulfate de quinine, environ deux ou trois onces, a été renfermée dans un flacon de verre qu'on a maintenu au bain-marie, pendant une demi-heure, à la température de l'eau bouillante : il répandait alors, par le frottement, une lumière blanche assez intense. Nous avons bouché le flacon en faisant passer à travers le bouchon une tige métallique effilée en pointe à l'extrémité placée dans le flacon, et terminée par une boule à l'extrémité opposée. En approchant celle-ci du bouton d'un électroscope de Volta, muni de son condensateur, après avoir eu soin de secouer le flacon avant chaque contact, on obtient, par deux ou trois contacts, tout l'écartement dont les pailles de l'électroscope sont susceptibles, et l'électricité se trouve constamment vitrée.

Le sulfate de cinchonine, qui jouit de la même faculté phosphorescente, mais dans un moindre degré, possède la faculté électrique dans le même rapport. Son action sur l'électroscope, bien que très-sensible, n'approche pas, pour l'intensité, de celle qu'on observe avec le sulfate de quinine.

Nous nous proposons de revenir sur ce phénomène et de voir jusqu'à quel point il est susceptible de s'appliquer aux particularités connues de la phosphorescence. En effet, il est à croire, d'après les travaux de Dessaignes à ce sujet, que les substances lucifères doivent cette propriété à des ruptures d'équilibre électrique; c'est vers ce but que concourent toutes les idées et toutes les expériences de ce physicien, quoiqu'il n'eût jamais

eu de preuve incontestable à fournir comme celle que nous venons de signaler.

Nous profitons de cette occasion pour présenter quelques observations sur le sulfate de quinine; nous en reconnaissons deux variétés : le sulfate neutre, que le Mémoire déjà cité avait fait connaître, et le sulfate acide, décrit par M. Robiquet; ils s'obtiennent souvent mélangés dans la préparation en grand du sulfate de quinine; mais comme le sulfate acide est beaucoup plus soluble, la séparation des deux variétés peut avoir lieu par des dissolutions et des cristallisations successives. Quant aux sulfates avec excès de base et à proportions indéfinies, nous ne pouvons les admettre; nous croyons pouvoir assurer que ce sont des mélanges de sulfate neutre et de quinine pure qu'on obtient quelquefois en faisant bouillir de l'eau acidulée sur un excès de quinine, et filtrant la liqueur quelques instans après le moment de la saturation apparente. La saturation des acides par les bases organiques n'est pas instantanée; c'est une observation qu'il ne faut jamais perdre de vue dans des expériences de ce genre. M. Callaud a comparé les deux sulfates de quinine sous le rapport de leur composition, et a trouvé que le sulfate acide contenait deux fois plus d'acide que le sulfate neutre; cette observation vient à l'appui des proportions définies dans les combinaisons de ce genre.

Les nitrates de quinine et de cinchonine, qu'on n'avait pu jusqu'ici obtenir cristallisés, sont toutefois susceptibles de prendre des formes cristallines très-régulières lorsqu'on les place dans des circonstances convenables et particulières. Si on soumet à l'évaporation

des dissolutions aqueuses de ces sels, ils se séparent à un certain degré de concentration et se précipitent sous forme de gouttelettes oléagineuses, qui sont susceptibles de se figer à une basse température en prenant alors l'aspect de la cire. Si l'on place un globule de nitrate de quinine ou de cinchonine fondu au fond d'un vase et qu'on le recouvre de quelques lignes d'eau, il ne se dissoudra pas sensiblement et ne changera pas de volume; mais au bout de quatre ou cinq jours il aura perdu sa forme sphéroïdale et se sera converti en un groupe de cristaux prismatiques réguliers, dont les faces jouissent d'un grand éclat; souvent même le globule donne naissance à un cristal unique, dont le volume est proportionnel à sa propre masse. Comme nous avons obtenu par ce moyen des cristaux de nitrate de quinine et de nitrate de cinchonine de plusieurs millimètres de longueur, il nous a été possible de comparer la forme cristalline de ces deux sels. Le nitrate de quinine fournit des prismes rhomboïdaux très-courts inclinés sur leurs bases : ils ne se prêtent à aucune division mécanique. Le nitrate de cinchonine donne aussi des prismes également inclinés sur leur bases; mais celle-ci est parfaitement rectangulaire; deux des faces du prisme présentent un éclat nacré. Ces cristaux se laissent aisement *cliver* et se divisent parallèlement aux faces nacrées.

Ces déterminations de formes établissent des différences de premier ordre entre la quinine et la cinchonine; nous devons d'ailleurs mettre un grand prix à un examen qui est bien moins notre ouvrage que celui d'un cristallographe célèbre, qui siège dans cette enceinte (M. Cordier).

Sous un autre point de vue, ce nouveau mode de cristallisation présente beaucoup d'intérêt : il fait entrevoir la possibilité de la production des cristaux, même de ceux d'un volume considérable, sous des conditions bien plus faciles à réaliser que celles de la dissolution ; dans ce cas il semble que le passage à l'état d'hydrate est le seul phénomène qui ait déterminé la cristallisation. On sent aisément combien dans la nature inorganique serait facile la réunion des mêmes circonstances qui semblent en effet se réaliser pour la production des géodes d'analcime, de mésotype, de sodalite, etc, et que nous voyons pour ainsi dire cristalliser sous nos yeux dans les déjections volcaniques.

Le phosphate de cinchonine produit les mêmes phénomènes ; quant à celui de quinine, on sait qu'il cristallise aisément par les procédés ordinaires.

Passant à l'analyse de la quinine, nous donnerons les résultats de deux opérations faites sur deux échantillons de cette matière.

La quinine, avant d'être soumise à l'analyse, avait été, dans l'un et l'autre cas, tenue fondue dans le vide pendant quelque temps.

1[re] *Analyse*.

(*a*)	1,100 quinine, 3,000 oxide de cuivre,		0,120 eau. 274,2 c. c. acide carbonique. 18,32 cent. azote.
(*b*)	0,100 quinine, 3,000 oxide de cuivre,	Acide carboniq. 137,1 cent. cub. Azote 6,66.	

Oxigène de l'acide carbonique,	0,3926;
Oxigène de l'eau,	0,1067;
Oxigène du résidu,	0,7336.
Oxigène, total	1,2329.
Oxigène employé,	1,2121.
Oxigène de la quinine,	0,0208.

Ces résultats donnent :

Carbone,	75,02;
Hydrogène,	6,66;
Azote,	8,45;
Oxigène,	10,40.
	100,58.

Le mélange (*a*) nous a servi pour chasser l'air de l'appareil, l'autre a fourni l'acide carbonique et l'azote. L'eau produite dans les deux combustions a été recueillie par le muriate calcaire; enfin le tube pilé et examiné dans notre appareil a donné la valeur de l'oxigène fourni par l'oxide et employé dans la combustion.

2me *Analyse faite sur un autre échantillon de quinine.*
(Elle était un peu moins blanche.)

(*a*) 0,100 quinine, 5,000 oxide,		0,122 eau, 271 cent. cub. acide carb. 13,9 cent. cub. azote.
(*b*) 0,100 quinine, 3,000 oxide,	135,5 acide carb. 6,95 azote.	

d'où

Carbone,	0,14829	ou	74,14;
Hydrogène,	0,01354		6,77;
Azote,	0,01761		8,80;
Oxigène,	0,02152		10,76.
Quinine,	0,20096		100.47.

Cinchonine. La cinchonine ne perd pas sensiblement de son poids lorsqu'elle est chauffée au point de se volatiliser. La volatilité de cette substance rend son analyse un peu difficile; cependant si on a soin de placer une couche d'oxide de cuivre au-dessus du mélange, et de chauffer cet oxide avant d'attaquer le mélange, la combustion s'opère d'une manière aussi parfaite que dans les autres cas.

Nous nous bornerons à présenter ici sans détail d'opérations ni de calculs les résultats auxquels nous sommes parvenus : nous en agirons ainsi dorénavant.

Carbone,	76,97;
Azote,	9,02;
Hydrogène,	6,22;
Oxigène,	7,97.
Cinchonine,	100.

Brucine. La brucine joue, à l'égard de la strychnine, le même rôle que la quinine par rapport à la cinchonine. Ces deux bases se retrouvent souvent ensemble dans les mêmes végétaux, et déterminent par leur quantité absolue et relative les propriétés physiologiques de ceux-ci. Nous avons eu l'occasion de signaler la difficulté qu'on éprouve à obtenir de la noix vomique; la

strychnine pure. Cela dépend de la grande quantité de brucine qui s'y trouve mélangée, et qui tend à la suivre dans toutes ses combinaisons. On peut cependant parvenir à séparer ces deux bases en traitant la masse alcaline par de l'alcool faible et froid qui dissout la brucine sans attaquer sensiblement au moins ou aussi fortement la strychnine. Cette dernière, reprise par de l'alcool fort et bouillant, fournit, au moyen d'une évaporation ménagée, des cristaux presque purs, surtout si on a soin de laisser un peu d'*eau mère* alcoolique qui retient les dernières portions de brucine. On aura encore la strychnine plus pure par une seconde et une troisième cristallisation. On peut aussi, avec quelque avantage, opérer la séparation de la brucine et de la strychnine en traitant le mélange de ces deux bases par l'acide nitrique faible, de manière à former des nitrates de strychnine et de brucine; ce dernier sel cristallise avant l'autre et se présente en prismes quadrangulaires assez volumineux et durs; le nitrate de strychnine se manifeste ensuite et forme des étoiles composées de filamens soyeux flexibles, nacrés, très-légers. On peut séparer ces deux sels par des moyens mécaniques et des cristallisations successives.

La présence simultanée de deux bases dans la noix vomique avait conduit l'un de nous à quelques résultats inexacts : il s'estime heureux de trouver l'occasion de rétablir ici la vérité sur ce point. En général, l'histoire de la strychnine et celle de la brucine ont été faites avec assez d'exactitude dans les Mémoires relatifs à l'analyse de la fève Saint-Ignace et de la fausse angusture, l'un de ces végétaux contenant la strychnine avec quelques traces

seulement de brucine, et l'autre, de son côté, présentant la brucine dans un état de pureté qui ne paraît laisser rien à desirer. Il n'en est pas de même dans les travaux subséquens entrepris par plusieurs chimistes sur la noix vomique seule : la brucine, qui n'y a été reconnue qu'un peu tard par l'un de nous, a donné lieu à quelques équivoques dont il sera facile maintenant de faire la part en lisant ces Mémoires avec attention ; la strychnine, par exemple, ne semble pas susceptible de se combiner à l'eau. Quand nous avons dit qu'elle pouvait passer à l'état d'hydrate, nous avions employé, pour l'expérience, de la strychnine provenant de noix vomique et retenant encore une quantité notable de brucine.

La brucine cristallisée est, au contraire, un véritable hydrate; elle perd par la fusion une quantité d'eau considérable. Voici le résultat de deux expériences :

200. Brucine cristallisée dans l'eau,

résidu	=	163,
eau	=	37.

161. Brucine cristallisée dans l'alcool,

résidu	=	134,
eau	=	27.

Ces données établissent, pour la constitution de l'hydrate,

Dans le premier cas,	brucine	100,
	eau	22,6;
Dans le second cas,	brucine	100,
	eau	20,7;
Moyenne,		
	brucine	100,
	eau	21,65.

L'affinité de la brucine pour l'eau est très-remarquable; lorsqu'on précipite cette base d'une de ses dissolutions au moyen d'un alcali, elle absorbe une quantité d'eau considérable qu'elle ne perd que par la fusion. Cet effet est d'autant plus marqué que la brucine est plus pure. Celle qu'on obtient de la noix vomique, par exemple, ne se présente d'abord qu'en masse poisseuse, molle et colorée en jaune; mais, après quelque temps de séjour dans l'eau, elle durcit, perd une grande partie de sa couleur et s'hydrate, comme à l'ordinaire; pendant ce temps la matière colorante se dissout dans l'eau, ce qui mérite d'autant plus d'attention que cette dernière accompagne la brucine dans les sels qu'elle forme, et qu'on a beaucoup de peine à la séparer par la cristallisation et l'emploi du charbon animal.

Voici maintenant les résultats fournis par l'analyse de la brucine extraite de la fausse angusture, à l'état de pureté parfaite et fondue dans le vide :

	1re Analyse.	2me Analyse.	Moyenne.
Carbone,	75,24	74,85	75,04;
Azote,	7,22	7,22	7,22;
Hydrogène,	6,33	6,72	6,52;
Oxigène,	11,21	11,21	11,21.
	100	100	100.

Strychnine. La strychnine, comme nous l'avons déjà fait remarquer, ne perd rien par la dessiccation lente dans le vide à la température de l'eau bouillante, et même au-dessus. Nous avons trouvé, pour sa composition :

	1re Analyse.	2me Analyse.	Moyenne.
Carbone,	77,92	78,52	78,22;
Azote,	8,98	8,86	8,92;
Hydrogène,	6,66	6,43	6,54;
Oxigène,	6,74	6,02	6,38.
	100,30	99,83	100,06.

Vératrine. La vératrine, chauffée jusqu'à fusion complète dans le vide, se boursouffle prodigieusement. Si on reprend la masse spongieuse qui s'est produite et si on essaie de la refondre, on trouve qu'il est presqu'impossible d'y parvenir sans l'altérer; elle ne se gonfle plus dans le vide, et n'émet qu'à peine quelques bulles d'écume. Celle que nous avons analysée n'avait donc été fondue qu'une fois.

	1re Analyse.	2me Analyse.	3me Analyse.
Carbone,	67,30	66,21	66,75;
Azote,	5,15	4,94	5,04;
Hydrogène,	8,66	8,43	8,54;
Oxigène,	19,60	19,60	19,60.
	100,71	99,18	99,93.

Nous n'avons rien à ajouter à l'histoire de cette substance : celle que nous avons examinée avait été retirée de la cévadille, qui la fournit très-pure.

Emétine. L'émétine sur laquelle nous avons opéré avait été retirée du *cæphelis emetica.* Il ne faut pas la confondre avec la matière décrite par l'un de nous, sous le nom d'*émétine,* dans un Mémoire lu à l'Académie des Sciences en 1817 : celle-là était colorée. Depuis lors on a pu l'obtenir plus pure et mettre en évidence ses pro-

priétés alcalines. Nous rappellerons ici les modifications apportées au mode d'extraction, afin de l'obtenir dans ce nouvel état (1).

Il faut d'abord substituer la magnésie calcinée au carbonate magnésien indiqué dans les premières recherches : on met une quantité suffisante, non-seulement pour saturer l'acide libre, mais encore pour décomposer le sel d'émétine ; celle-ci, devenue libre, se précipite et reste mêlée à l'excès de magnésie employée. On décante le liquide et on lave le dépôt avec de l'eau très-froide pour le débarrasser de la matière colorante non combinée à la magnésie. On le dessèche soigneusement et on reprend l'émétine par de l'alcool rectifié. Pour l'avoir plus blanche, on peut la combiner à un acide, traiter le sel par le charbon animal et reprendre par l'alcool l'émétine précipitée de nouveau par la magnésie.

Dans toutes ces opérations, il est bon de soigner les lavages ; car on peut encore en tirer une certaine quantité d'émétine par des moyens appropriés, et qui dérivent de ses propriétés connues. L'émétine ainsi obtenue est d'un blanc quelquefois jaunâtre, pulvérulente ; elle n'éprouve d'autre altération à l'air que de se colorer légèrement. Elle est peu soluble dans l'eau froide, davantage dans l'eau chaude. Elle est très-fusible et se liquéfie vers le 50me degré du thermomètre centigrade. Elle est très-soluble dans l'alcool ; l'éther et les huiles ne la dissolvent pas sensiblement. Elle présente à un haut degré les réactions alcalines, sature les acides, mais

---

(1) *Voyez* Thenard, *Traité de Chimie*, dernière édition. (*Note inédite.*)

ne donne avec eux aucun sel cristallisable ; il s'est offert toutefois, dans les solutions acides d'émétine, quelques ébauches de cristaux. L'acide nitrique concentré l'altère avec la plus grande facilité, la change d'abord en matière résineuse amère, et enfin en acide oxalique. L'acide gallique et la noix de galle forment, dans les solutions d'émétine, des précipités blancs très-abondans ; ce caractère lui est commun avec la quinine ; mais elle n'est précipitée ni par les oxalates ni par les tartrates alcalins, comme celle-ci. Enfin, le sous-acétate de plomb, qui précipite abondamment les solutions d'émétine colorée, n'a plus d'action sur celles d'émétine pure. M. Magendie a trouvé que cette dernière était trois fois plus active que l'émétine colorée. On ne doit donc l'employer qu'avec prudence ; mais ses effets sont plus constans. Il est évident, d'après ce qui précède, que, dans le cas d'empoisonnement par l'émétine, la noix de galle serait le seul antidote indiqué par les propriétés chimiques de cette matière. Nous avons trouvé, pour sa composition :

Carbone,	64,57 ;
Azote,	4,00 ;
Hydrogène,	7,77 ;
Oxigène,	22,95 ;
Emétine,	99,59.

Caféine. L'alcali organique retiré du café est sans nul doute le plus singulier par sa composition. L'azote s'y rencontre en quantité non-seulement plus forte que dans tous les autres alcalis végétaux connus, mais encore sur-

passe celle qui est renfermée dans la plupart des matières animales. Nous avons trouvé la caféine formée de :

Carbone,	46,51 ;
Azote,	21,54 ;
Hydrogène,	4,81 ;
Oxigène,	27,14 ;
Caféine (1)	100.

Morphine. Cette base a été soumise à l'analyse par plusieurs chimistes. Deux seulement ont publié les résultats qu'ils avaient obtenus. M. Thomson admet que la morphine est composée de :

(1) Aucun Mémoire particulier n'a encore paru sur la caféine ; voici ce qu'on lit dans le Dictionnaire de Médecine : « *Caféine*, principe cristallisable découvert, en 1821, dans » le café, par M. Robiquet, en cherchant la quinine dans le » café, parce que cette plante est de la même famille que » le quinquina, et qu'on lui a reconnu des propriétés fébri- » fuges. MM. Pelletier et Caventou obtenaient la caféine à » la même époque ; mais leurs recherches n'ayant qu'un » but indirect et n'ayant pas été terminées, laissent à M. Ro- » biquet la priorité sur cette découverte. Nous ignorons » pourquoi M. Robiquet n'a pas publié l'Analyse du café » qu'il a lue à la Société de Pharmacie ; sa publication nous » aurait permis de faire mieux connaître la caféine : nous » nous bornerons donc à la signaler comme un principe nou- » veau, blanc, cristallin, volatil, peu soluble et légè- » rement cristallin. »

Carbone,	44,72;
Hydrogène,	5,59;
Oxigène,	49,69;
Morphine,	100.

Il est évident que ces valeurs sont affectées de quelqu'inexactitude provenant sans doute de la méthode employée par M. Thomson; d'un autre côté, M. Bussy, préparateur à l'École de Pharmacie, vient tout récemment de publier une bonne analyse de la morphine, dans laquelle il a trouvé de l'azote, principe que M. Thomson n'y avait pas soupçonné; il indique aussi des proportions de carbone bien plus fortes, comme on le voit en comparant ses résultats aux précédens.

Carbone,	69,0;
Hydrogène,	6,5;
Azote,	4,5;
Oxigène,	20,0;
Morphine,	100,00.

Nous avons opéré aussi l'analyse de la morphine sur deux échantillons, l'un extrait de l'opium par la magnésie, d'après le procédé de M. Robiquet, l'autre obtenu de la décomposition d'un sulfate de morphine par la potasse; tous les deux étaient d'une grande pureté, et nous avions mis tous nos soins à les dépouiller de narcotine. La morphine par la magnésie a donné l'acide carbonique et l'azote dans le rapport de 100 : 3,03. Sa composition s'est trouvée :

Carbone,	72,68;
Azote,	5,09;
Hydrogène,	7,68;
Oxigène,	14,55;
Morphine,	100.

Celle par la potasse a donné l'acide carbonique et l'azote, dans le rapport de 100 : 3,5 ; sa composition est exprimée par :

Carbone,	71,36;
Azote,	5,95;
Hydrogène,	7,55;
Oxigène,	15,14;
Morphine,	100.

Si nous prenons la moyenne de ces deux analyses déjà si rapprochées, nous obtiendrons la composition de la morphine qui doit être envisagée comme la plus exacte :

Carbone,	72,02;
Azote,	5,53;
Hydrogène,	7,61;
Oxigène,	14,84;
Morphine,	100.

Narcotine. Quoique la narcotine ne soit pas une matière alcaline, sa présence dans l'opium, simultanément avec la morphine, a dû nous faire éprouver le desir de comparer sa composition avec celle de cette base. La narcotine que nous avons examinée était parfaitement

blanche et cristallisée en feuillets nacrés. Exposée à l'action de la chaleur, elle se fondait aisément et ne perdait que 2 ou 3 centièmes de son poids : alors, en l'exposant à un refroidissement lent, on pouvait voir se former à sa surface des centres de cristallisation qui s'accroissaient en rayonnant, et finissaient par former des mamelons en lesquels se prenait toute la matière liquide. Il se produit aussi des sphéroïdes cristallins parfaitement isolés au fond de la capsule. Si le refroidissement est trop brusque, on n'obtient que des cristallisations partielles. Enfin, si on place la capsule sur un corps froid, la narcotine se prend en masse transparente comme une résine et se fendille immédiatement. Nous la trouvons composée de

Carbone,	68,88 ;
Azote,	7,21 ;
Hydrogène,	5,91 ;
Oxigène,	18,00 ;
Narcotine,	100,00.

On sera sans doute surpris que l'existence de l'azote dans les alcalis végétaux ait échappé à MM. Pelletier et Caventou, ainsi qu'à quelques-uns des chimistes qui se sont occupés comme eux de l'examen de ces substances. Il semble, en effet, que c'est un point facile à constater; cependant, lorsqu'on réfléchit aux petites proportions de matières dont ils pouvaient disposer pour cet objet dans leurs premiers travaux, il devient aisé de comprendre que la distillation, dans les appareils ordinaires, ne leur fournissait pas des quantités d'ammoniaque bien appréciables. D'un autre côté, dans la combustion par

le deutoxide de cuivre, le rapport de l'acide carbonique à l'azote étant généralement d'un ordre éloigné, celui qu'ils observaient leur avait paru tenir à la présence de l'air atmosphérique dans les tubes. Pour éviter aux chimistes des tâtonnemens pénibles, nous indiquerons ici deux procédés qui semblent très-exacts pour reconnaître la présence ou l'absence de l'azote dans une matière organique.

Le premier est la distillation dans une ampoule de verre soufflée à la lampe et adaptée à un ballon de même genre, qui porte un tube qu'on plonge dans une dissolution aussi neutre que possible de proto-nitrate de mercure. Si la substance renferme de l'azote, il se forme de l'ammoniaque dont les plus petites quantités sont rendues sensibles par la dissolution mercurielle qui précipite en gris noirâtre. S'il se condense du liquide dans le petit ballon, il suffit de le broyer avec un excès de potasse caustique pour qu'il répande des vapeurs ammoniacales faciles à reconnaître.

La seconde méthode consiste à placer dans un tube tel que celui dont nous avons donné la description au commencement de ce Mémoire, deux mélanges distincts : le plus profond est composé de deutoxide de cuivre et de sucre de cannes bien pur ; le second, qui en est séparé par une couche de verre, est formé du même oxide et de la matière à examiner. On brûle d'abord le sucre, et on reçoit le gaz qu'il fournit dans de petites cloches. Il est facile de s'assurer que les dernières renferment de l'acide carbonique très-pur : l'air de l'appareil a donc été complètement chassé par cette opération. On chauffe alors le mélange de la matière à examiner, et si les gaz qui en

proviennent laissent un résidu d'azote, on ne peut se refuser à admettre qu'elle en contient réellement, quelque faible qu'en soit la proportion.

Quant à la manière d'évaluer la quantité précise de cet azote, on peut y parvenir soit en suivant la marche indiquée dans le commencement de ce Mémoire, soit en opérant, comme le fait M. Gay-Lussac. En tenant compte de l'air des appareils, les deux méthodes fournissent les mêmes résultats; et si nous avons préféré celle que nous avons décrite, c'est afin d'obtenir l'azote d'une manière absolue et dégagé de tout mélange avec l'air de l'appareil. Il est d'ailleurs évident que ce procédé rentre dans celui que MM. Gay-Lussac et Thenard mirent en usage dans leurs belles analyses par le chlorate de potasse.

Conclusions.

Nous allons essayer, en terminant ce Mémoire, de rechercher s'il existe quelque loi de composition à laquelle nous puissions rapporter les résultats que nous avons obtenus. Comparons d'abord l'acide carbonique et l'azote obtenus, nous avons :

Quinine,	acide carbonique....	100,	azote...	5,1;
Cinchonine,	*id*.........	100,	*id*.....	5,0;
Strychnine,	*id*.........	100,	*id*.....	4,9;
Narcotine,	*id*.........	100,	*id*.....	4,5;
Brucine,	*id*.........	120,	*id*.....	5,0;
Morphine,	*id*.........	100,	*id*.....	3,2;
Vératrine,	*id*.........	100,	*id*.....	3,2;
Emétine,	*id*.........	100,	*id*.....	3,1;
Caféine,	*id*.........	100,	*id*.....	20,0;

Ces rapports de volume sont remarquables par leur simplicité, quoique le carbone et l'azote s'y trouvent représentés par des quantités absolues bien différentes. Quand on réfléchit à cette condition de composition, on demeure persuadé que des relations analogues peuvent également être établies entre les autres matériaux et que ceux-ci entrent pour un nombre déterminé d'atomes ou de volumes dans les corps que nous avons examinés. Nous avons donc essayé de traduire nos résultats en *atomes*, comme on peut le voir dans le tableau que nous joignons ici et qui est comme le résumé de notre travail. Nous pensons que ces calculs offriront quelque avantage comme moyen de comparaison, et nous les présentons seulement sous ce point de vue, persuadés qu'il serait prématuré d'attacher trop d'importance à ce genre de considération. Dans les sels que ces bases sont susceptibles de former, l'oxigène de l'acide nous a paru toujours être un multiple ou un sous-multiple de celui de la base : on pourra s'en convaincre encore en consultant les colonnes qui terminent le tableau.

Il résulte enfin, en comparant les rapports, qu'on ne peut supposer l'alcalinité de ces matières comme liée essentiellement à l'existence de l'azote, soit qu'on admette que ce principe s'y trouve à l'état d'ammoniaque, soit qu'on pense qu'il détermine en eux cette propriété par un autre mode de combinaison que nous ne connaîtrions pas : en effet, la morphine et la vératrine, qui contiennent à-peu-près les mêmes quantités d'azote, prennent dans leurs sulfates, la première, 12,465 d'acide, et la seconde 6,644 ; et cependant le premier de

ces sulfates est neutre, et le second encore acide. La quinine, la brucine et la strychnine renferment plus d'azote, et forment cependant des sels neutres avec des quantités d'acide plus faibles que celles qui se trouvent dans les sels de morphine.

NOM de la matière.	Résultats de son analyse.				Nombre des atomes.				Résultats calculés.				Acide sulfurique saturé par 100 de base.	Oxigène de cet acide.	Rapport de l'oxigène de la base à celui de l'acide.
	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxigène.	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxigène.	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxigène.			
Quinine.	75,0	8,45	6,66	10,43	60	3	30	3	75,3[illegible]	8,72	6,15	9,85	10,9147	6,53	3:2
Cinchonine.	76,97	9,02	6,22	7,79	80	4	40	3	77,20	8,93	6,30	7,57	13,021	7,79	1:1
Brucine.	75,04	7,22	6,52	11,21	48	2	24	3	74,53	7,19	6,09	12,19	9,697	5,80	2:1
Strychnine.	78,22	8,92	6,54	6,38	60	3	30	2	77,83	9,02	6,36	6,78	10,486	6,27	1:1
Vératrine.	66,75	5,04	8,54	19,60	30	1	24	3	68,04	5,25	8,89	17,80	6,644	3,97	5:1
Emétine.	64,57	4,30	7,77	22,95	30	1	24	4	64,24	4,96	8,39	22,61	»	»	»
Morphine.	72,02	5,53	7,01	14,84	60	2	40	5	71,23	5,49	7,76	15,52	12,465	7,46	2:1
Narcotine.	68,88	7,21	5,91	18,00	20	1	10	2	68,54	7,93	5,60	17,93			
Caféine.	46,51	21,54	4,81	27,14	5	1	5	1	47,97	22,21	4,72	25,10			

De *l'Etat de l'électricité développée pendant les actions chimiques, et de la mesure de ces dernières au moyen des effets électriques qui en résultent.*

PAR M. BECQUEREL,
Ancien Chef de bataillon du Génie.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 22 septembre 1823.)

Aussitôt que j'eus observé les effets électriques qui accompagnent ordinairement la plupart des actions chimiques, je fus conduit à rechercher quelle était leur nature, s'ils étaient susceptibles de produire une tension électrique dans les dissolutions, ou bien si les deux électricités se recombinaient immédiatement après leur développement.

M. Davy avait déjà annoncé (*Annales de Chimie*, tome LXIII, page 229) que la potasse pure dans l'état solide, et l'acide sulfurique, avec lequel on la combinait, ne donnaient aucune apparence d'électricité lorsqu'on se servait d'un condensateur très-sensible pour la recueillir. Je répétai cette expérience avec soin, et j'obtins un résultat semblable. D'un autre côté, MM. de Lavoisier et de Laplace avaient observé qu'en faisant agir une assez grande quantité d'acide sulfurique sur de la limaille de fer, il se développait assez d'électricité pour charger un condensateur, jusqu'à obtenir des étincelles; mais cette électricité ne pouvait-elle pas provenir du frottement des molécules les unes sur les autres, et contre les parois du vase? Pour décider la question et reconnaître s'il y avait ou non une tension dans les électricités qui résultent de

l'action chimique, je fis l'expérience suivante, qui me parut décisive : puisque dans l'action d'un acide sur un métal, l'acide prend l'électricité positive et le métal l'électricité négative, j'essayai de former une pile avec des couples composés chacun d'un métal et d'un acide : pour cela je courbai une lame de cuivre et je plongeai l'une de ses extrémités dans un acide et l'autre dans une dissolution concentrée d'hydrate de potasse ou de soude, qui, comme on sait, conduit bien l'électricité. Dans la supposition d'une tension électrique, l'acide devait garder l'électricité positive et le métal transmettre l'électricité négative à la dissolution alkaline. Je réunis ensuite une douzaine de ces élémens au moyen de lames de platine recourbées, dont l'un des bouts plongeait dans l'acide et l'autre dans la dissolution alkaline voisine. Cette disposition était réellement celle qui convenait à une pile électrique, et la distribution de l'électricité devait s'y faire conformément à la théorie de Volta, dans le cas où chaque couple aurait eu une tension électrique tant soit peu sensible.

Cette espèce de pile étant en action, je plongeai, dans les deux liquides extrêmes, où devaient être les plus fortes tensions, les deux bouts du fil du galvanomètre : je reconnus aussitôt que la déviation de l'aiguille aimantée était moindre que celle que l'on aurait obtenue avec un seul couple. Il me fut alors démontré que l'électricité développée pendant les actions chimiques n'avait par une tension mesurable avec les appareils dont nous pouvions disposer. Ainsi il est tout simple que M. Davy n'ait pu obtenir d'électricité avec un condensateur pendant l'action de l'acide sulfurique

sur la potasse. Nous devons conclure de là que lorsqu'un acide agit sur un métal ou sur un corps quelconque, les choses se passent comme s'il y avait des courans continuels d'électricité de l'acide au métal. A la vérité on obtient aussi un courant lorsque l'on met en communication les deux extrémités du fil du galvanomètre avec les liquides acide et alkalin, dans lesquels plongent les deux extrémités d'une lame de métal ; mais cet effet tient à la même cause qui a été signalée par MM. Prévost et Dumas dans un Mémoire lu dernièrement à l'Institut. Ces deux habiles physiciens ont montré que les deux électricités ne prenaient pas toujours le plus court chemin pour se réunir, lorsque la conductibilité n'était pas parfaite, et qu'une partie de leurs molécules, en vertu de la répulsion qui a lieu entre les molécules de chaque électricité étaient rejetées à une certaine distance et suivaient un circuit plus long. C'est précisément ce qui arrive dans l'expérience que nous avons rapportée plus haut : les électricités qui échappent aux courans continuels d'électricité de l'acide au métal se recombinent en suivant les fils de platine qui plongent dans les deux liquides ; si ces liquides étaient de parfaits conducteurs les courans iraient sans doute directement de l'acide au métal.

De la mesure de l'action chimique au moyen des effets électro-chimiques.

Newton est le premier qui ait avancé que la dissolution et l'affinité devaient dépendre de l'attraction. Ce grand homme voulut étendre aux actions à petite distance le principe qui régissait le mouvement des corps

célestes, et il ramena ainsi la plupart des phénomènes de la nature à un principe général. L'affinité ou l'attraction à petite distance serait donc la cause des phénomènes que présentent les molécules des corps, lorsqu'étant dans un état convenable, elles s'unissent soit pour former un aggrégat, soit une matière différente. On lui donna les noms d'attraction moléculaire, d'aggrégation et d'attraction moléculaire de composition, selon que les molécules qui agissaient les unes sur les autres étaient semblables ou dissemblables. L'attraction moléculaire de composition est généralement appelée *affinité* : c'est de celle-là dont nous allons nous occuper.

Aussitôt que le système des affinités fut établi, il devint tout naturel que l'on essayât de classer toutes les substances d'après leur degré d'affinité réciproque. Geoffroy présenta en 1718 la première table des degrés d'affinité. Bergmann en fit paraître une plus complète en 1775; mais elle laissa encore beaucoup à desirer. Ces tables et celles qui les ont suivies furent formées sur la propriété dont jouit une base qui a plus d'affinité pour un acide qu'une autre avec laquelle il est uni dans une dissolution, de chasser celle-ci de sa combinaison et de prendre sa place. Mais depuis que l'on a reconnu que les précipités opérés pour déterminer les affinités ne devaient pas être isolés de la nature du liquide dissolvant, de la proportion des bases de celle des acides et de la température, on a regardé ce mode de formation d'une table d'affinités chimiques comme peu susceptible de donner des résultats certains.

D'un autre côté, en reconnaissant le pouvoir de l'attraction dans les actions à petites distances, on n'avait

encore rien dit sur les causes qui lui donnaient naissance. On n'avait pas non plus cherché à expliquer pour quel motif une substance avait plus d'affinité pour une autre que telle ou telle substance. En admettant seulement que l'attraction universelle, qui se fait sentir aussi à de petites distances, fût la cause unique des affinités, elle devait s'exercer sur toutes les molécules en raison de leur masse, mais il n'en est pas toujours ainsi : il est bien reconnu maintenant que la quantité de matière entre aussi comme élément dans le jeu des affinités, mais celles-ci ne lui sont pas toujours proportionnelles. On fut alors obligé de supposer que toutes les molécules des corps possédaient un principe qui leur était inhérent, qui était indépendant de leur masse, et en vertu duquel une molécule s'unissait plutôt avec une molécule d'un autre corps qu'avec une troisième. La présence de l'électricité dans plusieurs combinaisons chimiques fit concevoir l'idée à Winterl que l'électricité pourrait bien être la cause des affinités. Cette opinion fut adoptée avec empressement par un grand nombre de savans ; et quoiqu'elle ne soit encore considérée par beaucoup d'autres que comme un système qui ne repose pas sur des bases inattaquables, néanmoins toutes les découvertes que l'on fait journellement dans cette branche importante de la physique tendent à prouver l'identité entre les affinités chimiques et les actions électriques.

Les chimistes qui n'adoptent pas encore la théorie électro-chimique se bornent à dire que l'affinité est une force qui leur est encore entièrement inconnue, mais qui, lorsqu'elle s'exerce, donne lieu à un dégage-

ment d'électricité. Les partisans de l'opinion opposée prétendent, au contraire, que les molécules des corps ont une électricité qui leur est propre : les uns, comme M. Berzelius, leur supposent des poles ; les autres, comme M. Ampère, n'en admettent pas ; mais tous pensent que c'est du jeu des forces électriques que résultent les actions chimiques. Or, quand on voit le fluide électrique répandu dans toute la nature ; quand on le retrouve au moment où les molécules des corps se combinent et où elles se séparent, on ne peut disconvenir qu'il doit y jouer un grand rôle : on est donc conduit à essayer si à lui seul il ne pourrait pas reproduire tous les phénomènes qui dépendent de l'attraction. Aucun fait ne prouve que cela ne peut pas être, tandis qu'une foule de découvertes récentes tendent à faire admettre l'électricité comme principe général. Au surplus, sans adopter une opinion à cet égard, je dirai, comme M. Berzelius, qu'il faut *considérer comme possible ce qui n'est pas démontré impossible.*

Partant de l'idée que l'électricité pourrait bien être la cause première des affinités, j'ai essayé de déterminer, par le moyen des effets électriques que l'on observe dans les combinaisons, le degré de l'action chimique exercée séparément par deux corps sur un troisième, au moment où la combinaison s'opérait.

Mais l'énergie avec laquelle un acide attaque une base peut-elle servir de mesure à leur affinité réciproque ? Nous ne pouvons pas encore résoudre cette question : l'on conçoit seulement qu'il doit y avoir un très-grand rapport entre ces deux effets, parce qu'il est probable que les molécules d'une substance doivent se

porter d'autant plus rapidement vers les molécules d'une autre substance, que celles-ci ont plus d'affinité pour les premières. Par conséquent si les résultats que nous obtiendrons ne nous donnent pas exactement le rapport des affinités, il est probable qu'ils en différeront peu.

L'expérience qui va nous servir de guide est la suivante, dont j'ai déjà eu occasion de parler dans plusieurs Mémoires : quand on plonge inégalement les deux bouts d'un fil métallique dans un acide capable de l'attaquer, il se manifeste un courant électrique qui va du bout le plus attaqué à l'autre. Comme ce fait est fondamental, je vais l'analyser pour tâcher d'en faire connaître les circonstances les plus remarquables.

Il est d'abord facile de prouver que s'il existait une tension électrique, le courant suivrait une direction opposée : en effet, chaque bout de fil recevrait alors de l'acide l'excès d'électricité positive que lui aurait fourni le bout opposé en vertu de l'action chimique ; ces deux excès neutraliseraient pareille quantité d'électricité négative; d'après cela le courant serait donc censé partir du bout le moins attaqué, puisque ce serait celui qui aurait le moins d'électricité négative : or, l'expérience montre, au contraire, que le courant vient de l'autre côté. Voilà donc encore une preuve que la tension électrique n'est pas sensible dans les actions chimiques.

Maintenant, au lieu de plonger les deux bouts d'un fil de cuivre dans un acide, servons-nous de l'appareil que nous avons décrit dans un de nos précédens Mémoires. Cet appareil est formé de deux tubes creux en verre posés sur une lame de platine, et dont les pieds sont mastiqués dessus, pour que les liquides que l'on

doit y verser ne puissent s'échapper. Mettons de l'acide nitrique dans un de ces tubes et une dissolution alcaline dans l'autre; plongeons ensuite dedans les deux bouts du fil de cuivre du galvanomètre : le courant ira de l'acide ou de l'alkali, avec lequel il communique, par l'intermédiaire de la lame de platine, à l'autre bout. Ce résultat est conforme à ce que nous avons exposé précédemment, attendu que l'acide s'empare de l'électricité positive et le métal de l'électricité contraire. Saturons actuellement peu à peu l'alcali avec de l'acide nitrique, le courant continuera toujours à aller dans le même sens; mais aussitôt que la dissolution sera devenue acide, il commencera à diminuer; si on augmente ensuite l'acidité, il deviendra nul, puis recommencera en sens contraire. Ainsi ayant versé dans un des tubes un acide, dans l'autre de l'eau acidulée, il existe pour celle-ci un certain degré d'acidité tel que si l'on plonge en même temps dans chaque tube un bout du fil métallique, il en résulte une différence d'action qui ne donne lieu à aucun courant électrique; mais dès l'instant que l'on ajoute une nouvelle quantité d'acide, le courant recommence dans une direction contraire à celle qu'il suivait quand l'un des tubes contenait une dissolution alcaline.

Partons de ce principe, que lorsqu'un acide agit inégalement sur chaque bout d'un fil métallique, le courant électrique va du bout le plus attaqué à l'autre; c'est-à-dire que l'électricité positive part du premier. Prenons deux fils de platine que nous ferons aboutir l'un et l'autre dans deux petites capsules remplies de mercure, communiquant elles-mêmes avec les extrémités du fil du galvanomètre; fixons ensuite, à l'extrémité

e ces fils, au moyen de pinces aussi en platine; deux petits fragmens de substances différentes, qui n'exercent aucune action électro-motrice sur le métal; faisons-leur toucher en même temps l'acide, de manière que le nombre des points de contact soit à-peu-près le même, le courant électrique qui se manifestera ira de la substance qui a éprouvé la plus forte action de la part de l'acide, à l'autre. En soumettant ainsi à l'expérience divers corps, on pourra déterminer le degré d'action chimique de l'acide sur chacun d'eux.

Le procédé que nous indiquons pour déterminer si une substance est plus attaquée qu'une autre par un acide exige de grandes précautions. On a vu qu'il suffisait, lorsqu'on plongeait les deux bouts d'un fil métallique dans un acide, que l'un d'eux arrivât avant, pour que le courant partît de ce bout. Cet effet se conçoit, puisque, tout étant symétrique de part et d'autre, une très-petite différence dans les actions doit influer sur la direction du courant.

Quand on plonge successivement dans l'acide deux substances différentes, il arrive, la plupart du temps, que le sens du courant ne dépend pas de celle qui y arrive la première, parce que la différence des actions chimiques est souvent telle, que la substance qui agit avec le plus d'énergie sur l'acide détermine toujours le sens du courant, bien qu'elle arrive un instant après l'autre dans l'acide. C'est un fait dont on se convaincra facilement par l'expérience.

Nous avons vu précédemment que lorsque les deux bouts d'un fil métallique venaient plonger dans deux tubes, dont l'un contenait un acide, et l'autre de l'eau

acidulée, il existait pour celle-ci un degré d'acidité tel qu'il ne se produisait pas de courant. Il résulte de là que lorsqu'un acide agira fortement sur une substance et très-peu sur l'autre, il pourra arriver qu'il n'y ait pas de courant, si la différence des actions est suffisante pour que ce phénomène ne se produise pas. Mais pour l'instant nous éviterons de soumettre à l'expérience des substances qui donneraient des résultats douteux.

Dans le cas où l'on compare les actions chimiques des métaux sur un acide, on prendra, autant que possible, des fils de ces métaux, et on les substituera aux fils de platine; on remplacera le mercure contenu dans les coupes par une dissolution alcaline, afin d'éviter la différence des actions électro-motrices de ces métaux sur le mercure, différence qui donnerait lieu à un courant électrique. Ensuite les bouts qui toucheront à l'acide devront être décapés avec le plus grand soin.

On voit donc que les substances dont on cherche à déterminer l'affinité pour un acide se trouveront à-peu-près dans des circonstances semblables : même température, même masse exposée à l'action de l'acide, même état de surface, enfin on ne négligera aucune précaution pour que tout soit semblable des deux côtés.

En suivant la marche que je viens d'indiquer, j'ai formé les tableaux suivans, dans lesquels chaque substance plongée en même temps dans un acide que celle qui la suit fournit au courant l'électricité positive; d'après cet ordre toutes les substances seront rangées suivant l'énergie de leur action sur l'acide.

ACIDE Dans lequel se fait l'immersion.	SUBSTANCES Classées suivant le degré de leur action chimique sur l'acide.
Acide nitrique à 36°.	Potasse. Soude. Zinc. Cuivre. Fer.

ACIDE Dans lequel se fait l'immersion.	SUBSTANCES Classées suivant le degré de leur action chimique sur l'acide.
Acide hydrochlorique à 22°.	Soude. Potasse. Zinc. Fer.

ACIDE Dans lequel se fait l'immersion.	SUBSTANCES Classées suivant le degré de leur action chimique sur l'acide.
Acide sulfurique étendu de la moitié de son volume d'eau.	Potasse. Soude. Zinc. Cuivre. Fer.

Je n'ai pas poussé plus loin les expériences, n'ayant voulu seulement qu'indiquer le moyen de déterminer le degré de l'action chimique d'un acide sur une substance. Les tables précédentes ne doivent donc être considérées que comme un essai de classification des énergies chimiques. Une semblable classification, pour être arrêtée définitivement, exige de nombreuses expériences que le temps ne m'a pas permis de faire.

Quand il résulte de l'action de l'acide sur une des substances un oxide ou un sel insoluble qui s'attache à sa surface, cette substance n'agit plus alors que comme corps conducteur. L'étain plongé dans l'acide nitrique ou l'acide hydrochlorique en est un exemple; l'argent et l'acide sulfurique un autre. Il faudra donc éviter de soumettre à l'expérience les corps qui présenteront cet effet.

En jetant un coup-d'œil sur les tables ci-dessus, l'on remarque, 1°. que l'ordre suivant lequel les bases sont classées a quelque rapport avec celui des affinités chimiques tel qu'il est connu; 2°. que le cuivre et le zinc, plongés en même temps dans un acide et ne communiquant ensemble que par l'intermédiaire d'une dissolution alcaline, donnent lieu à un courant électrique qui va du zinc au cuivre. L'énergie de ce courant est telle qu'il peut être rendu sensible sur une aiguille aimantée suspendue à un fil de cocon. Ce résultat nous donne sur-le-champ la clef de l'influence de l'action chimique sur la charge de la pile de Volta : en effet, plongeons dans un acide un couple voltaïque, et mettons en communication les deux disques; que va-t-il arriver? Deux courans dans le même sens; le premier sera dû à l'action

électro-motrice des deux métaux l'un sur l'autre, et le second, à la différence des actions chimiques de l'acide sur les mêmes métaux. Les effets de ces deux courans s'ajouteront donc. Je me borne à signaler ce fait à l'Académie, me réservant d'examiner plus en détail l'influence de l'action chimique sur la pile voltaïque.

Occupons-nous actuellement de trouver le rapport des actions chimiques de deux acides sur une base; servons-nous, au lieu des deux tubes dont nous avons parlé plus haut, de deux petites capsules en platine que nous placerons sur un bain de mercure ou tout simplement sur une lame de platine; mettons dans chacune d'elles un acide différent, et ensuite plongeons dedans, en même temps et également, deux fragmens d'une même substance, fixés l'un et l'autre au bout de fils de platine communiquant avec les extrémités du fil du galvanomètre. Quand la substance est métallique, on en forme des fils ou de petites lames et on les substitue à ceux de platine.

En opérant sur plusieurs acides, j'ai formé le tableau suivant :

BASES plongées dans les acides.	ACIDES rangés suivant l'énergie de leur action sur la base.
Cuivre.	Nitrique, sulfurique.
Zinc.	Hydrochlorique, nitrique, sulfurique.
Fer.	Hydrochlorique, nitrique, sulfurique.

Veut-on savoir maintenant si un acide attaque plus fortement une base, qu'un autre acide une base diffé-

rente ? Rien de plus simple : prenons le cuivre et le zinc, faisons les communiquer avec les capsules remplies d'une dissolution alcaline, plongeons le premier dans l'acide nitrique et le second dans l'acide hydrochlorique ; le courant électrique qui se manifestera aussitôt ira du zinc au cuivre : ainsi l'acide hydrochlorique attaque plus fortement le zinc que l'acide nitrique le cuivre.

Les expériences que je viens de rapporter n'ont eu pour but que de trouver des rapports d'actions chimiques : pour déterminer rigoureusement la valeur de chacune d'elles, il faut des instrumens plus précis que ceux dont je me suis servi. C'est un travail particulier auquel je me livrerai ; en attendant, j'ai pris la liberté de communiquer à l'Académie le procédé à l'aide duquel on pourra y parvenir.

Depuis la lecture à l'Académie de ce Mémoire je suis parvenu aux mêmes résultats que ceux qui sont consignés ici, en suivant le même principe, mais par des moyens plus simples et qui sont exempts des difficultés dont j'ai parlé plus haut. Je ferai connaître ces moyens dans un prochain Mémoire.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 4 août 1823.

On donne lecture d'une lettre de M. de Ferussac concernant une espèce particulière d'hétéries et une huître qui présente les caractères d'une coquille fluviatile.

Le Ministre de la Marine invite le Président à faire examiner un *Traité de Navigation* composé par M. Fournier.

Le Ministre de l'Intérieur demande que l'Académie fasse constater les erreurs qui se trouvent dans l'arrêté du 25 brumaire an XI, sur les distances de Bastia et d'Ajaccio à Paris.

M. Clément, de Mâcon, adresse la description d'une machine propre à rendre le travail des scieurs de long plus expéditif et moins coûteux.

M. Guibal, de Lunéville, soumet au jugement de l'Académie un ouvrage manuscrit sur les connaissances mathématiques nécessaires aux peintres, architectes et dessinateurs.

M. Gabriel Pelletan adresse quelques remarques sur le Mémoire qu'il avait lu à la dernière séance.

M. Mongez lit une Note *sur l'Art du tissage chez les anciens Perses.*

M. Rousseau lit un Mémoire *sur une Eprouvette de conductibilité électrique particulièrement applicable à la reconnaissance des diverses espèces d'huiles.*

M. Chevreul lit un Mémoire *contenant des recherches*

sur plusieurs points de chimie organique, *et des considérations sur la nature du sang.*

M. Desmoulins lit un Mémoire *sur la Composition de la moelle épinière.*

M. Duchemin lit un premier Mémoire *sur l'Artillerie*, dans lequel il traite de la vitesse initiale des projectiles.

Séance du lundi 11 août.

M. Savart présente des Recherches *sur les Vibrations des corps solides plongés dans des liquides de densités diverses.*

Le général Brisbane adresse des observations astronomiques faites à Paramatta, dans la Nouvelle-Hollande.

M. Bory-Saint-Vincent envoie un Mémoire *sur un nouveau genre d'acaridiens trouvés dans le corps d'une femme.*

M. Texier de Montainville remet un Essai *sur l'Inscription des cinq corps réguliers dans la sphère.*

M. Firmin Didot présente des cartes topographiques de son invention.

M. Dupin fait voir le modèle d'un nouveau système de voitures publiques dont le versement est plus difficile, et qui peuvent être enrayées à volonté du dedans.

M. Bosc, au nom d'une commission, lit un rapport sur un Mémoire de M. Gaillon, de Dieppe, *relatif à l'espèce de conferve marine* que M. Decandolle a rangée dans le genre céramion, et que Dillwyn a figurée sous le nom de *conferva comoïdes.*

M. Gaillon, ayant observé pendant une année entière, à des époques très-rapprochées, des filamens de la con-

ferve comoïde, a vu en sortir naturellement les corpuscules verdâtres, tantôt ovoïdes, tantôt parallélogramiques, qui en forment l'axe; s'avancer lentement ou rapidement, changer de direction, agir enfin comme les animaux infusoires de Müller. Prenant ensuite des filamens entiers de la conferve comoïde, il a forcé les infusoires à se désagréger avant le temps et a observé les mêmes phénomènes. Tel est le besoin d'association de ces infusoires que, dès que les jeunes le peuvent, ils se mettent bout à bout sur une seule ligne; aussitôt qu'ils ont atteint cette position, il s'exude de leur substance un mucus qui se transforme en membrane et les enveloppe entièrement. Les bifurcations se forment de même.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire *sur les Appareils génitaux, urinaires et intestinaux, à leur point de rencontre dans l'autruche et le cazoar.*

M. de Humboldt présente deux profils de l'Espagne dans les directions du sud-est au nord-ouest et du sud-ouest au nord-est.

Un Mémoire de M. Benoiston de Châteauneuf *sur les Enfans trouvés des principales villes de l'Europe* est renvoyé à l'examen d'une commission.

Séance du lundi 18 août.

Le Président annonce la mort du colonel Lambton, correspondant.

M. Blein écrit qu'il a fait de nouvelles recherches sur la nature de la courbe décrite par une corde sonore en vibration.

M. de Tournon, président du Conseil des bâtimens

civils, consulte l'Académie sur un projet de reconstruction de la flèche de la cathédrale de Rouen.

Au nom d'une commission, M. Desfontaines fait un rapport favorable sur un Mémoire de M. Adrien de Jussieu, fils, intitulé : *Considérations sur la famille des euphorbiacées.*

M. Dulong lit un rapport dont les conclusions, très-favorables, ont été également adoptées par l'Académie, sur le Mémoire de MM. Pelletier et Dumas, qui fait partie de ce Cahier.

M. Gay-Lussac fait un rapport sur le Mémoire de M. Chevreul *relatif aux Causes des différences que l'on observe dans les savons sous les rapports de leur odeur et de leurs degrés de dureté ou de mollesse.* Le Mémoire a déjà paru dans les *Annales,* Cahier de mai, page 16. Il sera aussi imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers*

M. Vauquelin fait un rapport concernant une Note de M. Lassaigne intitulée : *Observations sur l'existence de l'oxide cystique dans un calcul vésical du chien.* (*Voyez* le Mémoire dans le N° de juillet, page 328.)

M. Chaptal, au nom d'une commission, lit un rapport sur la nouvelle substance découverte dans les bulbes des dalhias par M. Payen.

Ce chimiste a trouvé, dans les bulbes du dalhia, du sucre incristallisable, un arome analogue à celui de la vanille, une huile volatile et une huile fixe, de l'albumine, de la silice, plusieurs sels à base de chaux, une substance, enfin, jusqu'alors inconnue et qu'il appelle *dalhine.*

Pour extraire la dalhine, il suffit de délayer la pulpe dans

environ son poids d'eau ; de filtrer à travers la toile et de mêler au liquide cinq pour cent de craie ordinaire. On porte ensuite à l'ébullition, qu'on soutient pendant une demi-heure, et l'on filtre. Après cela, on délaie dans l'eau bouillante le marc des bulbes et on le soumet à la presse. On réunit les solutions pour les réduire, par l'évaporation, aux trois quarts de leur volume; alors on y ajoute 4 pour cent de charbon animal et on clarifie avec le blanc d'œuf. La liqueur, filtrée et évaporée jusqu'à pellicule, laisse précipiter la dalhine par le refroidissement. Toutes les eaux de lavage doivent être traitées de même. On retire ainsi des bulbes 4 pour cent de dalhine.

La dalhine bien pure est blanche, inodore, pulvérulente, sans saveur, d'une pesanteur spécifique = 1356; plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide: l'alcool ne la dissout pas; mais il la précipite des dissolutions aqueuses. La potasse la dissout à froid ; l'ammoniaque ne l'attaque pas. L'acide sulfurique convertit la dalhine en un sucre incristallisable, plus sucré que celui que l'on forme avec l'amidon.

Cette substance a quelque analogie avec l'amidon, l'inuline, la gélatine, etc. ; mais elle en diffère par la propriété de former une masse grenue lorsqu'on a rapproché jusqu'à pellicule l'eau qui la tient en dissolution ; par sa pesanteur spécifique, etc.

Les commissaires ont engagé M. Payen à pousser ses recherches pour classer irrévocablement la dalhine au rang qui lui convient.

M. Fée présente un ouvrage manuscrit intitulé : *Première partie d'un Mémoire sur les Criptogammes des écorces officinales.*

MM. Prévost et Dumas lisent un Mémoire *sur les Phénomènes qui accompagnent la contraction de la fibre musculaire.*

M. de Humboldt communique, à cette occasion, les résultats des expériences récentes qu'il a faites sur les effets de la ligature des nerfs.

Séance du mardi 26 août.

Le Ministre de l'Intérieur envoie un *Essai statistique sur l'arrondissement de Saint-Flour*, par M. Devèse; M. Foex, un Mémoire *sur la Théorie des parallèles*; M. Audibert, un manuscrit contenant des observations *sur l'Art du pompier*; M. Rollé, de Strasbourg, une nouvelle balance.

On lit la Note de M. Clément sur les expériences de M. Perkins, que nous avons publiées, Cahier d'août, page 410.

M. Damérib fait un rapport sur un Mémoire de M. Pelletan, fils, *relatif à un nouveau moyen d'employer la pierre infernale.*

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire *sur la Formation et les rapports des deux oviductus de la poule.*

MM. Prévost et Dumas lisent une addition à leur Mémoire *sur la Contraction musculaire.*

Séance du lundi 1er septembre.

On donne lecture d'une Lettre de Mlle Sophie Germain concernant les expériences de M. Wheatstone.

M. de Rossel fait le rapport que le Ministre de l'Intérieur avait demandé, sur la distance de Paris à Bastia et à Ajaccio.

M. Dureau de Lamalle, de l'Académie des Inscriptions, lit un Mémoire sur cette question : *La succession alternative dans la reproduction des espèces végétales est-elle une loi de la nature ?*

L'expérience des quarante années écoulées depuis Arthur Young jusqu'à nos jours, a démontré que l'alternement des récoltes pour les plantes annuelles, celui surtout des récoltes de grains et des récoltes sarclées, était une condition essentielle de la bonne culture. Dans le Mémoire dont nous venons de transcrire le titre, M. Dureau s'est proposé d'établir que cette alternence était une loi générale, nécessaire à la conservation et à la reproduction de espèces végétales : nous allons citer les passages qui nous paraissent les plus concluans, en conservant, en général, les propres expressions de l'auteur.

Les observations de M. Dureau ont été faites dans sa terre de Landres, département de l'Orne, à 46 lieues de Paris, entre les forêts de Réno, de Bellesme, du Perche et de Perseigne, qui embrassent un espace de 15000 hectares. Les futaies en coupe, dans ce pays, sont composées de chênes, de quelque châtaigniers, d'ormes ou de frênes. Les sous-arbrisseaux qui végètent à l'ombre de ces dômes de verdure sont le houx et la bourgène en petite quantité. Le centième de ces futajes est abattu chaque année. On ne laisse en baliveaux que des chênes et des hêtres pour semer et reproduire; cependant, à peine la futaie est-elle abattue, que le sol se couvre uniquement, en plantes et sous-arbrisseaux, de genêts, de digitales, de vaccinium et de bruyères; en arbres de bois blanc, bouleaux et trembles. On abat ces bois

blancs au bout de trente ans; il revient des bouleaux et des trembles; trente ans après, même destruction, même reproduction. Ce n'est qu'à la troisième coupe du taillis, après quatre-vingt-dix ans, que les chênes et les hêtres, les bois durs enfin, ont reconquis le terrain: ils en restent maîtres sans partage, et ils étouffent tous les bois blancs qui voudraient l'envahir. Il faut donc deux cent quatre-vingt-dix à trois cent trente ans pour avoir sur le même terrain deux coupes de futaies; les bois blancs l'ont occupé pendant quatre-vingt-dix ans. Cependant, ajoute M. Dureau, il n'y a pas de bois blancs aux environs, et leurs semences ne peuvent y être portées par les vents: donc, dans certaines circonstances, la faculté germinatrice des graines de bouleau, de tremble, etc. peut se conserver dans la terre au moins pendant un siècle. Cette conclusion sera peut-être contestée; mais revenons aux exemples d'alternence.

M. Dureau a acheté récemment, dans les environs de Mortagne, cent hectares de taillis qui faisaient partie du domaine de la Couronne. Les plans, descriptions et évaluations ayant été conservés dans les archives, l'auteur du Mémoire y a trouvé qu'en 1720, ce taillis venait d'être semé en chênes et en hêtres; maintenant (1823) il n'en reste que des souches sans vigueur qui occupent à peine le dixième de la superficie.

Cette loi de l'alternence n'est pas exclusivement propre aux climats tempérés: on l'observe par toutes les latitudes, comme le prouvent les passages suivans.

Le fraisier croît en plus grande quantité dans les endroits où le feu a passé. Cette particularité est commune à d'autres plantes; car il est reconnu que dans l'intérieur

du pays, ainsi qu'aux forêts d'Albani et de Morse, après que les bois taillis et la mousse ont été brûlés, le terrain se couvre de framboisiers et de ronces (HEARNE, *Voyages à l'Océan du Nord.*)

Une chose très-digne de remarque, c'est que lorsque le feu dévore une forêt de sapins et de bouleaux, il y croît des peupliers, quoiqu'auparavant il n'y eût dans le même endroit aucun arbre de cette espèce. (MACKENZIE, *Voyage à la côte N. de l'Am. sept.*)

Les sapins et les pins ne repoussent pas dans les endroits où on les a coupés, d'après la loi de botanique qui ne veut pas qu'un arbre ou une plante croisse avec vigueur sur le point où vivait auparavant un individu de son espèce. (LÉOPOLD DE BUCH, *Voy. en Norwège.*)

Au Brésil, quand on fait un grand chemin dans un bois vierge, on voit repousser aussitôt sur ses bords des arbres tout différens de ceux que le bois renfermait. (M. A. de ST.-HILAIRE, *Voyage au Brésil.*)

A l'Ile-de-France, quand on défriche une forêt, soit en arrachant, soit en brûlant les arbres, le sol se couvre instantanément d'espèces toutes différentes, la plupart étrangères à l'île et originaires de Madagascar. (DUPETIT-THOUARS.)

M. Blein lit un Mémoire *sur la Nature de la courbe décrite par une corde en vibration.*

M. Gillet-Laumont lit la Note dont nous avons donné l'extrait, Cahier d'août, page 418, sur la culture du *phormium tenax.*

M. Hestiotis lit, en son nom et au nom de M. le Dr Liebig, un Mémoire *sur la Composition chimique des ossemens fossiles.*

On lit un Mémoire de M. Marcel de Serres *sur les Ossemens humains découverts dans les crevasses des terrains secondaires, et en particulier sur ceux que l'on observe dans la caverne de Durfort, département du Gard.*

Séance du lundi 8 septembre.

M. Lauth envoie un Mémoire *sur les Momies du Cabinet du Roi*; M. Gaillon, de nouvelles Observations *sur les Animalcules nutritifs des huîtres*; M. Chanteau, un projet de canal pour les transports pendant l'hiver; M. Picquet, la description d'une nouvelle machine.

M. de Laplace lit un Mémoire *sur le Flux et le Reflux de la mer.*

M. Poisson communique l'énoncé des principaux théorêmes qui entreront dans un travail qu'il prépare sur le magnétisme.

M. Cuvier lit un Mémoire *sur les Cétacés fossiles.*

M. Roche lit un Mémoire destiné à compléter la méthode des *maxima* et des *minima*.

La Section de Chimie présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour les places de correspondans actuellement vacantes :

MM. Braconnot, à Nancy; Hatchett, à Londres; Faraday, à Londres; Stromeyer, à Gottingue; Thomson, à Glasgow; Arfwedson, à Stockholm; Brandes, à Londres; Colin, à Saint-Cyr; La Billardière, à Rouen.

FUSION *du charbon, de la plombagine, de l'anthracite et du diamant; production probable de diamans.*

Par le professeur SILLIMAN.

(Extrait du *Journal of Science*. XVI. 157.)

LE professeur Silliman s'est dernièrement beaucoup occupé de déterminer les effets d'une chaleur intense sur le charbon, la plombagine et l'anthracite. Les instrumens qu'il a employés sont le déflagrateur galvanique du Dr Hare, et son chalumeau composé à gaz hydrogène et à gaz oxigène. Il a généralement obtenu la fusion, et, dans quelques cas, des produits qui paraissent s'approcher de si près du diamant qu'ils donnent un grand intérêt à ses expériences. Ce qu'on va lire est extrait de quelques-uns de ses Mémoires sur cet objet.

Les meilleurs résultats sur la fusion de la plombagine ont été obtenus en réunissant la plombagine au pole cuivre, et du charbon préparé au pole zinc (1). L'étincelle était vive, et l'on pouvait même, au milieu de l'ignition, distinguer les globules de plombagine fondue, tant ceux qui étaient déjà formés que ceux qui se formaient sur les bords du foyer de chaleur. On apercevait aussi des scintillations brillantes provenant de la combustion, et immédiatement au-delà de la portion de plombagine en ignition était une ceinture d'une couleur brune-rou-

(1) L'appareil est dans la condition d'une seule paire de plaques.

geâtre, qu'on supposa être du fer, d'après la combustion de la plombagine en cet endroit. Les globules étaient fréquemment si abondans qu'ils présentaient l'apparence de cordons de chapelet, les plus gros de la grosseur du plus petit plomb de chasse, et les autres entièrement microscopiques. On n'apercevait aucun globule dans l'endroit de la plombagine où était le foyer de chaleur; mais il y avait une excavation hémisphérique, et la plombagine présentait l'apparence d'une scorie.

Au pole zinc, avec le charbon préparé, on observait des effets particuliers : le pole était toujours allongé vers le pole cuivre, et la matière noire qui s'y accumulait présentait tout-à-fait l'apparence de fusion, non en globules, mais en fibres striées, comme une scorie demi-coulante. « Elle était évidemment transportée dans l'état de vapeur, de la plombagine de l'autre pole, et avait été formée par le carbone pris dans la cavité hémisphérique », et était très-différente du charbon fondu que l'on obtient lorsque les deux poles sont terminés par cette substance. A l'extrémité du charbon préparé étaient de nombreux globules de matière parfaitement fondue, ayant un très-grand éclat vitreux. Les plus éloignés du foyer étaient quelquefois d'un noir de jayet, comme l'obsidienne; d'autres étaient colorés en brun, en jaune et comme la topaze; d'autres grisâtres, avec la translucidité et l'éclat de la porcelaine; d'autres enfin étaient limpides comme le flintglass, ou avaient l'apparence de l'hyalite ou celle de l'opale précieuse, mais sans couleur. Il y avait peu de globules au pole zinc qui fussent parfaitement noirs, et peu au pole cuivre qui fussent autrement, excepté dans un cas où on avait employé de

la plombagine très-pure de Borrodac ; car ils étaient alors blancs et transparens. Lorsqu'on tenait les pointes verticalement et la plombagine par-dessus, on n'apercevait point de globules dans la dernière ; mais ils étaient extraordinairement nombreux et presque noirs au pole opposé. En changeant les pointes et mettant la plombagine vers le zinc et le charbon vers le cuivre, il ne se forma que très-peu de globules sur la plombagine et aucun sur le charbon ; ce dernier fut rapidement creusé, et la plombagine, au contraire, s'allongea promptement par la matière qui s'accumulait à son extrémité et qui, au moyen du microscope, paraissait être une concrétion en chou-fleur de charbon volatilisé et fondu.

Quelques globules, ayant été mis sur du bois, supportèrent une forte pression sans se briser ; ils rayaient facilement le flintglass et le verre à vitre. Ils s'enfoncèrent promptement dans l'acide sulfurique concentré, beaucoup plus vite que le charbon *fondu*, mais pas beaucoup plus vite que la plombagine, de laquelle ils avaient été formés.

Avec un nouveau déflagrateur on obtint de bons résultats en mettant de la plombagine aux deux poles. Les morceaux de plombagine avaient un cinquième de pouce de diamètre et un ou deux pouces de long. Les globules s'étendaient maintenant d'un quart de pouce, à partir de l'extrémité, jusqu'à la distance d'un quart ou un tiers de pouce tout autour. Ils étaient parfaitement visibles, à l'œil nu et de toutes les couleurs ci-dessus indiquées ; quelques-uns étaient si limpides qu'on n'aurait pu les distinguer du diamant. Une seule fois seu-

lement on trouva un globule sur la pointe. « Il semblerait que les sphères de plombagine fondue, aussitôt qu'elles étaient formées, roulaient hors de la flamme et se congelaient sur les parties adjacentes. L'excavation du côté du cuivre et l'accumulation du côté du zinc étaient constantes. On obtenait un résultat semblable lorsque le charbon était du côté du cuivre et la plombagine du côté du zinc. Le charbon se volatilisait rapidement; il se formait une cavité et la matière enlevée s'accumulait sur la pointe de plombagine; formant une protubérance qu'on distinguait aisément de la plombagine, et qui, vue au microscope, présentait une agrégation de sphères avec le caractère d'une parfaite fusion et avec un éclat métallique parfait. »

Dans une autre expérience, les sphères étaient nombreuses et blanches comme la calcédoine : « Elles m'ont paru formées, par la condensation, d'une vapeur blanche que, dans toutes les expériences où j'employais une grande puissance, j'avais observé s'exhaler entre les deux poles, et passer partie du pole cuivre au pole zinc, et partie s'élever verticalement en une fumée abondante comme celle de l'oxide formé par la combustion de différens métaux. » Cette fumée se condense aisément sur un verre que l'on tient au-dessus, et le rend opaque en le recouvrant d'une couche blanche. On remarquait une odeur particulière dans la fumée; mais la matière condensée n'avait point de saveur, ne faisait point effervescence avec les acides et n'affectait pas les papiers réactifs; elle n'était point par conséquent de nature alcaline. « Il paraîtrait possible que ce fût du charbon blanc volatilisé, donnant naissance, par sa condensation, dans un

état plus ou moins grand de pureté, aux globules gris, blancs, et peut-être aux globules transparens. »

On réunit ensemble quelques-uns des globules colorés; ils roulaient comme de la cendrée de plomb : frottés dans la main pour les débarrasser de plombagine, ils furent placés sur un fragment de poterie de Wedgwood flottant sur du mercure, et on les recouvrit d'une petite cloche d'oxigène très-pur, préalablement lavé avec de la soude et de l'eau de chaux. Ils furent ensuite chauffés au moyen d'une forte lentille : en une demi-heure ils ne fondirent et ne disparurent point, et leur forme ne fut pas altérée; mais en essayant ensuite le gaz avec de l'eau de chaux on y trouva de l'acide carbonique. « Il est à présumer que dans une expérience long-temps continuée, ils se seraient dissipés, laissant seulement un résidu de fer, car ils sont attirables à l'aimant, et leur couleur est évidemment due à ce métal. Il aurait été intéressant de savoir si les globules limpides sont aussi magnétiques; mais je n'ai point encore fait cette expérience. »

Dans quelques cas, la fumée blanche se rassemblait en quantité considérable sur le charbon, et ressemblait à une frite d'émail blanc, ou un peu à une pierre ponce. « Si nous n'avions pas été dirigés par les faits remarquables déjà établis, il aurait paru très-extravagant de demander si cette frite blanche et ces sphères limpides ne pouvaient pas provenir du charbon volatilisé dans un état blanc, ou du charbon même, et condensé dans une forme analogue au diamant. Il ne m'est point maintenant permis de faire les expériences nécessaires pour résoudre cette question, et je dois en même temps

admetre la *possibilité* que les impuretés alcalines et terreuses peuvent avoir contribué au résultat. »

Quant au passage de la matière d'un pole à l'autre, les yeux étant protégés par un verre vert, « Je puis observer distinctement la matière sous différentes formes passant au pole zinc et s'y rassemblant précisément comme on voit la poussière ou d'autres corps légers poussés par le vent. Il y a aussi une trépidation sensible au pole cuivre lorsque l'action de l'instrument est vigoureuse, et l'on aperçoit évidemment une vibration produite comme par l'impulsion d'un fluide élastique frappant contre le pole opposé. »

Telles sont les expériences qui ont été faites avec le déflagrateur; les suivantes se rapportent au même objet, mais elles ont été faites avec le chalumeau composé. Le diamant fut mis sur un support de pierre calcaire, et lorsqu'on l'exposait à l'action de la chaleur, il se consumait rapidement; mais retiré de la flamme, il présentait des marques d'un commencement de fusion.

L'anthracite, dans de semblables circonstances, se consuma rapidement; mais elle présentait encore l'apparence de fusion à sa surface, et l'on pouvait y voir distinctement « dans le milieu du trait intense de lumière de très-petits globules se formant sur la surface. Ces globules, examinés au microscope, étaient parfaitement blancs et limpides, et toute la surface de l'anthracite montrait, comme le diamant, seulement d'une manière plus distincte, des cavités et des projections unies par des lignes ondulées, et couvertes d'un vernis noir » comme une scorie.

La plombagine présenta de nombreux globules à l'œil nu; à travers un verre ils étaient ronds et parfai-

tement blancs et transparens. Dans quelques expériences ils étaient de la grosseur de la cendrée de plomb; ils rayaient le verre, n'avaient point de saveur, et n'étaient point magnétiques. Ils ressemblaient à du silex fondu, et on aurait pu supposer qu'ils devaient leur origine à des impurtés, « s'ils n'avaient eu constamment la même apparence dans les différentes variétés de plombagine, » qui, jusqu'à présent, n'a point présenté de silex en combinaison, et on ne pouvait y découvrir aucune substance étrangère ni au tact ni avec des verres; « ajoutez à cela que dans différentes expériences j'ai obtenu beaucoup de globules parfaitement noirs, sur les mêmes morceaux qui en fournissaient de blancs. Une fois ils couvraient tout autour un espace d'un pouce de long; plusieurs d'entre eux étaient aussi gros que du plomb de chasse ordinaire, et ils avaient tous l'éclat et le brillant de l'émail noir le plus parfait. »

« Il ne paraîtra point maintenant extravagant, dit M. Silliman, de conclure que nos substances charbonneuses fondues approchent de très-près de la condition du diamant. » (1)

(1) Ces expériences, intéressantes en quelques points, sont loin de conduire à la conclusion à laquelle M. Silliman s'efforce d'arriver. Les rédacteurs du journal où nous avons pris cet extrait élèvent des doutes sur la formation du diamant qui ne peuvent manquer de se présenter aussi à l'esprit le moins éclairé. Il ne s'agit pas d'*approcher* de la nature d'un corps (ce langage serait un peu alchimique), il faut arriver tout-à-fait. Les diamans de M. Silliman raient seulement le verre; ils sont attirables à l'aimant, excepté peut-être les plus transl

Sur l'Acide des Prussiates triples.

Dans une note insérée tom. xxii, p. 320 de ce journal, j'ai cherché à établir que l'acide des prussiates triples est un véritable hydracide, puisque, d'après les expériences de M. Berzelius, il forme, avec le plomb, la baryte et la potasse, des composés dans lesquels il n'existe plus d'hydrogène ni d'oxigène. C'est là le véritable caractère des combinaisons formées par un hydracide et un oxide, et on n'a regardé jusqu'à présent un acide comme hydracide que lorsqu'il contient une quantité d'hydrogène suffisante pour saturer complètement tout l'oxigène des oxides avec lesquels on le combine. Depuis, en relisant les observations de M. Robiquet sur la composition des prussiates triples (xvii. 196), j'ai vu, p. 303, que cet habile chimiste pensait aussi que l'acide de ces sels peut être considéré comme un hydracide. Je m'empresse de le reconnaître. (G.-L.)

---

parens, qui n'ont pas été soumis à cette épreuve ; et, plongés dans l'air ou dans l'oxigène à la plus haute température, ils n'éprouvent aucune altération : le diamant ordinaire, au contraire, n'est point attirable, il raie tous les corps et brûle dans l'air à une chaleur rouge. De telles différences feront penser sans doute que la nature des premiers approche beaucoup de celle de scories.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	734,48	+14,8	92	733,40	+13,5	94	734,87	+12,5	91	740,81	+ 8,2	94	+14,8	+ 8,1	Pluie continuelle.	S. fort.
2	742,05	+10,2	91	744,12	+14,2	78	744,54	+13,7	78	747,39	+ 8,2	97	+14,9	+ 5,9	Très-nuageux.	S O.
3	753,90	+ 9,2	94	755,07	+14,0	78	755,67	+14,0	67	752,45	+ 7,0	94	+14,5	+ 5,0	Nuageux.	N. O.
4	758,72	+10,0	100	758,80	+13,8	97	759,21	+15,8	96	760,86	+11,2	99	+15,8	+ 8,6	Couvert, brouill.	O. S. O.
5	761,65	+13,0	99	761,43	+16,5	92	760,65	+17,2	90	759,78	+13,7	98	+17,3	+11,0	Couv., léger brouil.	S. O.
6	758,37	+13,0	92	757,65	+19,2	84	756,77	+18,2	84	759,00	+15,0	91	+10,3	+11,5	Couvert, brouill.	S.
7	758,54	+15,0	98	758,80	+16,5	91	758,70	+15,8	91	758,50	+13,8	99	+17,0	+13,6	Couvert.	O.
8	758,20	+12,8	99	758,14	+13,4	99	757,72	+14,1	99	756,60	+13,0	92	+15,0	+12,5	Brouill. très-humide.	N. faible.
9	752,70	+13,0	87	751,04	+15,4	86	750,18	+13,1	96	750,30	+ 9,8	99	+15,4	+ 8,0	Couv. par intervalles.	O. S. O. fort.
10	748,33	+10,1	97	747,78	+13,5	77	747,43	+12,5	72	745,78	+10,5	91	+13,5	+ 7,8	Nuageux.	S. O.
11	738,50	+11,5	99	738,32	+13,8	96	738,57	+14,5	90	739,06	+10,8	100	+14,5	+10,5	Couvert.	S. O.
12	742,09	+10,1	91	741,92	+13,4	80	740,93	+13,8	70	746,06	+10,0	99	+13,8	+ 6,8	Nuageux.	S.
13	740,60	+ 8,2	95	741,22	+11,8	85	741,41	+11,5	82	742,67	+ 6,3	97	+11,8	+ 6,3	Couvert.	S. O.
14	744,40	+10,5	99	744,30	+10,5	96	744,16	+10,8	95	744,56	+ 5,8	96	+10,8	+ 3,9	Pluie, brouillard.	S.
15	746,20	+ 6,0	99	746,73	+ 9,6	95	746,04	+11,8	89	747,00	+ 6,2	99	+11,8	+ 2,2	Couv., brouil. épais.	S. S. O.
16	750,34	+ 6,8	98	750,44	+14,4	85	750,45	+13,2	84	751,40	+ 9,2	96	+14,4	+ 2,0	Nuageux.	S. S O.
17	751,60	+10,6	98	751,09	+13,4	84	749,84	+13,5	83	750,14	+ 9,8	95	+13,5	+ 6,0	Quelques éclaircies.	S. O.
18	748,60	+11,2	93	747,65	+15,0	78	747,55	+13,6	94	747,96	+ 9,8	99	+16,4	+ 8,8	Légers nuages.	S.
19	749,27	+11,2	89	749,58	+15,0	78	749,72	+16,2	74	751,84	+ 8,8	98	+15,3	+ 6,8	Couvert.	S. E. faible.
20	750,30	+ 9,8	96	757,28	+16,2	83	737,28	+17,0	73	759,23	+10,2	99	+17,0	+ 7,0	Nuageux brouillard.	E. faible.
21	760,65	+10,2	96	758,80	+16,8	74	759,63	+18,5	69	760,04	+13,8	96	+18,5	+ 6,2	Nuageux.	E.
22	758,90	+ 9,6	91	757,94	+12,5	81	757,08	+14,5	75	757,08	+ 9,7	86	+14,5	+ 6,8	Beau.	E.
23	755,88	+ 8,0	84	755,18	+12,5	75	754,46	+14,2	72	755,06	+10,4	85	+14,3	+ 5,5	Légères vapeurs.	E.
24	757,28	+ 9,9	89	757,62	+15,1	73	757,80	+16,5	77	759,94	+11,8	92	+15,5	+ 6,0	Nuages à l'horizon.	E.
25	763,40	+ 9,0	93	763,30	+13,2	82	763,53	+12,5	76	765,08	+ 9,8	95	+15,5	+ 6,2	Beau.	N.
26	768,00	+ 5,6	99	768,08	+ 7,4	99	767,64	+ 7,6	99	767,22	+ 2,2	99	+ 7,8	+ 2,2	Couvert, brouillard.	N. N. O.
27	764,87	+ 3,0	100	763,85	+ 6,8	98	762,41	+ 7,8	98	760,80	+ 2,8	99	+ 7,8	+ 1,5	Brouillard épais.	N. O.
28	756,54	+ 4,0	100	755,40	+ 7,5	99	755,25	+10,2	98	750,82	+ 9,6	99	+10,3	+ 1,1	Couvert, brouillard	S.
29	751,90	+12,0	98	752,44	+13,8	88	751,78	+13,3	81	750,48	+10,6	96	+13,8	+10,1	Couvert.	O.
30	740,33	+14,2	98	738,48	+18,2	87	736,93	+15,8	92	735,00	+12,8	98	+18,3	+12,8	Éclaircies.	S.
31	733,70	+ 8,0	86	733,18	+ 8,0	92	743,18	+ 7,8	95	736,50	+ 6,6	98	+ 8,5	+ 6,6	Pluie fine.	S. très fort.
1	752,80	+12,1	95	752,62	+15,0	87	752,57	+14,7	86	753,44	+11,0	95	+15,6	+ 9,2	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	746,80	+ 9,6	95	746,85	+13,4	86	746,89	+13,5	83	747,39	+ 8,7	98	+13,9	+ 6,0	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 4,858
3	755,59	+ 8,5	93	755,14	+11,9	86	754,31	+12,9	84	754,36	+ 9,1	95	+13,3	+ 5,9	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 3,825
	751,85	+10,0	94	751,65	+13,4	86	751,26	+13,7	85	751,83	+ 9,6	96	+14,2	+ 7,0	Moyennes du mois, +10°,6.	

Analyse *chimique de la Racine de Garance* (rubia tinctorum).

Par Mr F. Kuhlmann.

De toutes les matières tinctoriales connues, il n'en est peut-être pas qui présente autant d'intérêt que la garance. Cette racine forme à elle seule la base d'une fabrication très-importante pour la France, celle du rouge d'Andrinople, et elle sert, en outre, dans différentes autres teintures, pour la fabrication des toiles peintes : aussi, depuis que la teinture, qui était autrefois uniquement basée sur quelques recettes qu'une longue expérience avait fait adopter; depuis que la teinture a été élevée au rang des arts chimiques les plus intéressans, la garance n'a pas manqué de fixer l'attention de plusieurs chimistes distingués.

C'est ainsi que M. Watt (1) reconnut dans cette racine deux matières colorantes, qu'il ne parvint cependant pas à isoler. M. Chaptal, M. Vitalis et M. J. M. Hausmann se sont aussi occupés avec beaucoup de zèle à étudier cette matière tinctoriale. Toutes les expériences que l'on fit sur cette substance avaient pour but de perfectionner la teinture de la garance et d'obtenir des laques diversement nuancées; mais comme elles ne pouvaient pas être basées sur une notion exacte de la composition de cette racine, elles présentèrent toujours des résultats plus ou moins vagues.

(1) *Annales de Chimie*, vol. IV, p. 104.

Il s'agissait donc, pour compléter l'étude de cette matière tinctoriale, de chercher à isoler la matière colorante rouge et de considérer l'état de combinaison où elle se trouve dans la racine, enfin de faire une analyse raisonnée de toute la racine. Etant à même de faire ces recherches au laboratoire de M. Vauquelin, je les ai entreprises; et si je n'ose me flatter d'avoir complètement atteint mon but, cependant j'aime à croire qu'il pourrait être agréable et utile aux personnes qui s'occupent de la pratique de la teinture, de connaître le résultat de mes expériences.

Infusion à froid (1).

De la racine de garance fut mise à digérer dans de l'eau distillée pendant vingt-quatre heures. Au bout de ce temps, on filtra la liqueur: elle était sensiblement acide et sucrée; sa couleur était fauve, et elle ne contenait pas une quantité notable de matière colorante rouge en dissolution. On y versa de l'eau de baryte jusqu'à ce qu'il y en eût un petit excès : à mesure qu'on saturait l'acide prédominant, il se formait un précipité blanc floconneux. On recueillit ce précipité sur un filtre; mais pour qu'il ne restât aucune trace de baryte dans la liqueur, on y ajouta, avant de filtrer, quelques gouttes d'alcool.

---

(1) Toutes ces expériences ont été faites sur la garance d'Alsace; les autres espèces de garance ont donné à-peu-près les mêmes résultats.

Examen du précipité blanc.

Ce précipité fut traité par l'acide hydrochlorique étendu d'eau : il se dissolvit à l'exception d'une très-petite quantité de sulfate de baryte ; ce qui prouve l'existence d'un peu d'acide sulfurique ou de sulfate soluble dans la garance. La liqueur acide fut saturée par l'ammoniaque, et l'on obtint un précipité blanc très-abondant qui fut recueilli sur un filtre. La liqueur filtrée ne contenait plus qu'un peu de sels solubles de potasse et de chaux.

Le précipité blanc fut reconnu, après plusieurs essais, pour un mélange d'un peu de phosphate de chaux et d'un sel de baryte insoluble dans l'eau, dont l'acide, de nature organique, paraît se rapprocher par ses propriétés de l'acide malique. Il paraîtrait donc que c'est là cet acide prédominant dans la racine de garance, et non l'acide sulfurique, comme l'avait cru remarquer M. Bartholdy (1) : d'ailleurs la présence de près de 10 % d'alcali libre dans les cendres de la garânce, comme nous le verrons plus loin, prouve suffisamment que cet acide doit être de nature organique.

Examen de la liqueur sucrée.

La liqueur, dont l'acide prédominant, le sulfate et le phosphate de chaux, ont été précipités par la baryte, était fortement sucrée et avait une saveur agréable. On l'a évaporée en consistance de sirop, et alors on l'a traitée

---

(1) *Annales de Chimie*, vol. XIII, p. 74.

par l'alcool à 36°; par ce moyen l'on a dissous dans l'alcool toute la partie sucrée et l'on en a séparé une matière jaunâtre visqueuse, qui, traitée par l'acide nitrique, donna beaucoup d'acide mucique : cette matière était donc une véritable gomme. La dissolution alcoolique du sucre fut évaporée en sirop et clarifiée par le charbon animal. L'òn obtint ainsi un sirop limpide, mais qui cristallisa difficilement; il avait une saveur agréable et analogue à celle du sucre de raisin, et entrait facilement en fermentation. 500 gram. de racine ont fourni plus de 80 gram. de sucre et 15 à 20 gram. de gomme.

Décoction.

Après lui avoir fait subir une infusion à froid, on fit bouillir la racine de garance dans de l'eau, et on filtra la liqueur. Cette eau s'est chargée de plus de matière colorante rouge que si l'on n'avait pas lavé d'abord la racine à froid. Après avoir filtré, on versa dans la liqueur de l'acide sulfurique (1) jusqu'à ce qu'il y en eût un excès fort sensible. Cet acide a développé un précipité très-abondant, de couleur orangée, et la liqueur surnageante s'est éclaircie; elle prit une couleur fauve, et l'alcali n'y reproduisit presque plus de traces de rouge; il fallut donc rechercher la matière colorante rouge dans le précipité.

Examen du précipité orangé.

Après avoir recueilli ce précipité sur un filtre, on le lava avec quelques gouttes d'eau acidulée par l'acide

(1) On peut se servir avec autant d'avantage de l'acide oxalique ou tartrique.

sulfurique, et on le laissa égoutter. On le sépara ensuite du filtre, et on le traita par l'alcool à 40° Beaumé, lequel dissolvit la presque totalité du précipité et se colora en un orangé pur. La partie insoluble dans l'alcool consistait en une matière brune de nature azotée, qui paraît combinée à la matière colorante dans la racine, ainsi qu'une matière végétale particulière de consistance visqueuse, très-soluble dans l'eau, surtout à la faveur de l'alcali, mais insoluble dans l'eau acidule et dans l'alcool, susceptible d'être coagulée par un grand nombre de réactifs.

La solution alcoolique était encore sensiblement acide: il fallut donc la débarrasser de l'acide sulfurique qu'elle retenait. C'est à quoi l'on est parvenu en l'agitant avec un peu de sous-carbonate ou de carbonate saturé de potasse en poudre très-fine. Par ce moyen, l'acide sulfurique ayant été absorbé par le sel alcalin, et ni le sulfate ni le carbonate de potasse ne pouvant se dissoudre dans l'alcool, l'on est parvenu à avoir une dissolution parfaitement neutre. Au lieu de carbonate de potasse, on peut aussi se servir d'un peu de baryte caustique ou carbonatée; mais elle entraîne une certaine quantité de matière colorante.

La solution alcoolique, neutralisée de cette manière, est d'une belle couleur rouge, et lorsqu'elle est concentrée, elle paraît noire. On laissa évaporer à l'air cette dissolution alcoolique : à mesure que l'alcool s'échappait, il se formait, à la surface du liquide et contre les parois de la capsule, de petites couches cristallisées en feuilles de fougère. Tout l'alcool s'étant évaporé, toute la masse cristallisa confusément. Ce produit peut être

considéré comme la matière colorante rouge de la garance. Voici les propriétés de cette matière colorante :

1°. Elle est très-soluble dans l'alcool, et lui communique une belle couleur rouge. Sa dissolution se conserve assez facilement; cependant elle finit par s'altérer, et la matière colorante se précipite sous la forme de flocons bruns.

2°. Elle est assez soluble dans l'eau ; mais, en concentrant la dissolution, la matière colorante s'altère et se précipite.

3°. Les alcalis facilitent beaucoup sa dissolution dans l'eau et ne changent pas beaucoup sa nuance.

4°. Les acides précipitent cette matière colorante de ses dissolutions; cependant l'alcool la retient assez bien en dissolution , malgré l'excès d'acide ; mais sa couleur devient orangée.

C'est sur le peu de solubilité de la matière colorante rouge dans l'eau acidulée que j'ai fondé le procédé de l'obtenir isolée. Cette propriété avait déjà été remarquée par M. J. M. Haussmann (1), lorsqu'il proposa d'ajouter aux bains de teinture un peu de craie pour saturer l'acide prédominant. L'eau chargée d'acide dissout cependant une certaine quantité de cette matière colorante, surtout au moyen d'une douce chaleur ; mais ce qui se dissout s'en précipite très-facilement par le refroidissement ou le contact d'un corps pour lequel la matière colorante a quelqu'affinité : la partie dissoute est encore facilement précipitée lorsqu'on chauffe jusqu'à l'ébulli-

---

(1) *Annales de Chimie*, vol. XLI.

tion; c'est ce qui arrive dans l'opération de la teinture, où il reste toujours un petit excès d'acide suffisant pour précipiter la matière colorante lorsqu'on approche de l'ébullition. Il est cependant probable que la matière colorante ne se précipiterait pas si facilement si elle n'était entraînée par la matière azotée; car lorsqu'on traite de la racine de garance sèche par la dissolution d'un acide ou d'un sel acide, il se dissout plus de matière colorante rouge qu'il n'en serait resté en dissolution, si on avait ajouté cette même quantité d'acide à la décoction de cette garance.

Cette matière azotée et la matière mucilagineuse paraissent faciliter beaucoup la précipitation de la matière colorante rouge; car l'on peut encore obtenir une certaine quantité de cette matière colorante d'une liqueur déjà épuisée par l'acide sulfurique faible, en y ajoutant un peu d'albumine ou de blanc d'œuf qu'on coagule ensuite par la chaleur. On conçoit d'après cela l'efficacité des mordans huileux et le but des opérations qui tendent à animaliser pour ainsi dire le coton, dans la teinture en rouge d'Andrinople.

Une seule décoction est loin d'épuiser la racine de garance de toute sa matière colorante : l'on en fit une seconde et même une troisième; et l'on obtint dans ces décoctions la matière colorante rouge beaucoup moins chargée de matière colorante fauve; mais à mesure que l'excès d'acide contenu dans la garance diminuait par les lavages successifs, il se dissolvait dans l'eau une plus grande quantité de la matière mucilagineuse dont nous avons parlé, mais qu'on sépare fort bien de la matière colorante rouge par l'alcool.

On peut éviter de faire tant de décoctions successives en traitant la racine par de l'eau chargée d'un peu de potasse, au lieu d'employer de l'eau pure. Cette eau alcaline épuise plus facilement toute la matière colorante; du reste, on opère comme il est dit plus haut.

Pour faire de belles laques avec la garance, M. Mérimé a déjà observé qu'il fallait d'abord laver la garance à l'eau froide, et traiter ensuite cette racine par une dissolution d'alun à chaud : alors le sous-carbonate de soude ou de potasse précipite de ces dissolutions une fort belle laque, qui est plus ou moins foncée en couleur, selon les proportions d'alun et de garance, et qui est beaucoup avivée par de nombreux lavages. Cependant les dernières portions précipitées sont toujours plus ternes que les premières; car à mesure qu'on dépasse le point de saturation, la matière colorante fauve, qui se dissout bien dans l'eau acidule, est entraînée par l'alumine; ce qui n'a pas lieu dans le commencement de la saturation, où la matière rouge seule tend à se précipiter.

Matière amère. Résine.

La saveur amère, quoique sucrée, de la garance et son odeur aromatique m'ont engagé à rechercher la substance qui lui donne ces propriétés. On traita une certaine quantité de cette racine (comme si on voulait en extraire de la quinine) par de l'eau bouillante chargée d'un peu d'acide sulfurique. On concentra la décoction, et l'on y versa du lait de chaux jusqu'à parfaite saturation. On filtra, et après avoir desséché le produit sur le filtre, au bain-marie, on le traita par l'alcool bouillant. La solu-

tion alcoolique fut évaporée en extrait, et l'on reprit cet extrait par l'eau acidulée par l'acide sulfurique. Une grande partie de l'extrait s'est dissoute, et à l'instant même il se manisfesta une odeur très-forte, analogue à celle de la jusquiame, due à une matière noire de nature résineuse qui se précipita au fond du vase. La partie dissoute avait une saveur fort amère; on l'évapora en extrait, et elle resta sous cet état.

Examen des cendres.

Vingt grammes de racine de garance furent incinérés dans un creuset de platine. La combustion du charbon fut difficile à cause de la grande quantité de matières salines fusibles. L'on obtint 1g.,49 de cendres.

Elles étaient blanches et entièrement fondues : elles donnèrent par l'analyse les résultats suivans :

Sous-carbonate de potasse,	0,118;
Sulfate de potasse,	0,032;
Phosphate de potasse,	0,037;
Muriate de potasse,	0,703;
Carbonate de chaux,	0,467;
Phosphate de chaux,	0,082;
Silice,	0,020;
Perte,	0,031.
	1,490.

D'après mon analyse, les principes constituans de la garance sont les suivans :

Matière colorante rouge,
Matière colorante fauve,
Ligneux,
Acide végétal,

Matière mucilagineuse,
Matière végéto-animale,
Gomme,
Sucre,
Matière amère,
Résine odorante,
Matières salines des cendres.

Cette analyse de la garance devait me conduire naturellement à faire quelques essais sur la teinture; mais persuadé que de pareils essais ne peuvent avoir de résultats satisfaisans que dans les ateliers de teinture, je laisse aux personnes qui sont à même de s'occuper de la pratique de cet art le soin de tirer de mes expériences les conclusions convenables.

Sur *le Cuivre blanc.*

D'après M. Keferstein, on emploie depuis long-temps à Suhl, pour orner les armes, sous le nom de cuivre blanc, une composition métallique qui ressemble à l'argent. L'analyse que M. Brandes en a faite montre que c'est un alliage de cuivre et de nickel. MM. Keferstein et Müller, de Suhl, ont fait récemment des recherches sur l'origine de ce minéral, et ils ont découvert qu'on le trouve dans les scories de quelques anciennes usines de cuivre qui avaient travaillé des mines qui sont abandonnées aujourd'hui. Le cuivre blanc est obtenu par la fusion; on l'avait rejeté comme inutile, et ce n'est que plus tard qu'on lui a trouvé un emploi. (*Voy.*, sur le même objet, XXI. 98, et XXII. 441).

Moyen *de couper l'acier avec le fer doux.*

M. Barnes, de Cornwall (Connecticut), ayant fixé une feuille de fer circulaire sur un axe, lui imprima un mouvement rotatoire très-rapide, lui appliquant en même temps une lime pour la rendre parfaitement ronde et unie. La lime fut coupée en deux par le disque de fer, et celui-ci ne fut point altéré. On trouva qu'il ne s'était point beaucoup échauffé pendant l'opération, quoiqu'il fût entouré d'un cercle de feu pendant toute sa durée.

Une scie très-dure fût coupée longitudinalement en peu de minutes, et on coupa ensuite ses dents par le même moyen.

M. Perkins, de Fleet-Street, a vérifié cette singulière observation. Il a fait de profondes entailles à l'extrémité d'une grosse lime, et il a remarqué qu'elle avait été adoucie par la chaleur produite par la friction. Il a ensuite appliqué une des faces planes du disque de fer contre une partie de la lime, et il en a usé les dents sans qu'il en soit résulté une élévation sensible de température dans le métal. Le disque, qu'on avait auparavant dressé, n'avait diminué ni de grandeur ni de poids; mais il avait acquis, suivant M. Perkins, une surface excessivement dure dans la partie tranchante (*Journal of Science*, xvi. 155.) (1).

---

(1) Nous pensons que c'est la chaleur produite par la friction qui détrempe l'acier et permet au fer, qui s'échauffe beaucoup moins, de le couper. L'expérience doit réussir d'autant mieux que le disque de fer aura un plus grand diamètre et une plus grande vitesse. (R.)

ANALYSE *des Eaux minérales de Vals, département de l'Ardêche.*

PAR Mr P. BERTHIER,
Ingénieur au Corps royal des Mines.

Les eaux minérales de Vals sont en grande réputation dans le midi de la France. Pendant la belle saison il se trouve quelquefois dans le pays plus de trois cents personnes réunies pour les boire. La contrée est montueuse, mais singulièrement pittoresque ; elle est couverte de vieux cratères et de lambeaux de laves qui se rattachent aux hautes cimes volcaniques qui dominent tout le Vivarais. Près de Vals les laves sont très-morcelées et laissent à découvert en mille endroits, principalement dans les vallées, le terrain sur lequel elles reposent. Ce terrain est très-varié ; il se compose de roches primitives, d'un dépôt houiller dans lequel on exploite la petite mine de houille de Prades, et qui offre quelques indices de minerais métalliques, et enfin du calcaire secondaire ancien qui prend naissance ici et qui s'étend à l'est et au sud, dans le bassin du Rhône, jusqu'à une très-grande distance. Vals est donc une station des plus intéressantes et des plus instructives pour le géologue.

Vals n'est qu'un village assez pauvre ; mais la petite ville d'Aubenas, qui n'en est éloignée que de trois quarts de lieue, offre toutes les ressources désirables aux buveurs.

Les sources sont au nombre de quatre. Elles sont situées auprès du village, sur les bords de la Volane ; dans

l'hiver elles sont souvent noyées par les eaux de ce ruisseau, du fond duquel on voit, dans les temps de sécheresse, s'élever des bulles de gaz qui annoncent que des filets d'eau minérale viennent sourdre au milieu de son lit.

1°. La source *Marie*, qui se trouve sur la rive droite, est très-peu abondante; on n'en fait aucun usage, quoique dans le pays on lui attribue les propriétés les plus extraordinaires.

2°. La source de la *Marquise* est la plus considérable de toutes, et fournit à la consommation de presque tous les buveurs : elle est sur la rive gauche, ainsi que les deux autres.

3°. La source la *Camuse* est peu volumineuse.

4°. La source la *Dominique* dépose beaucoup d'oxide de fer en sortant du rocher, et on ne l'emploie pas à cause de cela.

Suivant le docteur Ambry, médecin inspecteur des eaux, les quatre sources ne produisent ensemble qu'environ 7 mètres cubes par 24 heures, ce qui donne 2,550 mètres cubes ou 25,500 quintaux métriques par année.

Je n'ai analysé que l'eau de la source *la Marquise*; mais il est très-probable que l'eau des autres sources n'en diffère pas notablement. Ces eaux sont froides, elles laissent dégager du gaz acide carbonique en abondance et elles couvrent le rocher d'efflorescences salines ou plutôt alcalines. Leur saveur est peu prononcée et n'a rien de désagréable. Elles rougissent très-légèrement le tournesol.

Pour en faire l'analyse je me suis procuré une quantité suffisante de sels solubles et de matières insolubles en évaporant 10 litres d'eau sur les lieux, et pour connaître

exactement la proportion de ces substances, j'ai fait évaporer avec tout le soin possible un litre d'eau transporté à Paris. Les circonstances ne m'ont pas permis de déterminer la quantité d'acide carbonique ; mais il est évident que les eaux en sont sursaturées. Il résulte de mes expériences que l'eau de la source *la Marquise* contient :

	Sels anhydres.		Sels cristallisés.	
Carbonate de soude neutre.	0,007157	0,007370	0,009701	0,009981
Muriate de soude	0,000160		0,000160	
Sulfate de soude	0,000053		0,000120	
Carbonate de chaux......	0,000180	0,000436	0,000180	0,000436
Carbonate de magnésie ...	0,000125		0,000125	
Silice.................	0,000116		0,000116	
Oxide de fer...........	0,000015		0,000015	
	0,007806		0,010417,	

ou

	Sels anhydres.		Sels cristallisés.	
Sous-carbonate de soude..	0,005125	0,005338	0,013859	0,014139
Muriate de soude........	0,000160		0,000160	
Sulfate de soude........	0,000053		0,000120	
Matières insolubles......	0,000436		0,000436	
	0,005774		0,014575.	

Si l'on compare ce résultat avec ceux qui ont été fournis par toutes les eaux minérales du même genre, on verra qu'il n'en est aucune qui contienne une aussi grande proportion de substances en dissolution que les eaux de Vals. Ces eaux se distinguent encore de toutes les autres en ce que le carbonate de soude qu'elle renferment y est presque pur. Si elles étaient abondantes, on aurait pu les traiter avec le plus grand profit pour en ex-

traire ce sel ; la bonté du climat aurait facilité la graduation ; la mine de houille de Prades aurait fourni à bas prix le combustible nécessaire pour l'évaporation. Je crois même que quoique les sources aient un volume très-peu considérable, le propriétaire pourrait en tirer un parti avantageux en recueillant les eaux avec le plus grand soin pour alimenter une petite fabrique de soude : effectivement, les 25,500 quintaux métriques d'eau, qui sont le produit annuel des sources, contiennent 136 quintaux métriques de sels alcalins, composés de

Sous-carbonate de soude,	0,96 ;
Muriate de soude,	0,03 ;
Sulfate de soude,	0,01 ;
	1,00 ;

c'est-à-dire, du carbonate de soude à 96°. Or, on en obtiendrait aisément 100 quintaux métriques, dont la valeur est de 10,000 à 12,000 fr.

Analyse *de la Mine d'urane d'Autun.*

Par M. Laugier.

(Lu à l'Académie des Sciences le 15 septembre 1823) (1).

Chargé dernièrement, par la Société de Pharmacie, de faire un rapport sur un nouveau procédé qui lui avait été soumis par MM. Le Canu et Serbat pour la puri-

(1) Ayant appris, depuis la lecture de ce Mémoire, que la présence de l'acide phosphorique dans une mine d'urane de France avait été constatée en Angleterre, je n'ai d'autre intention que de confirmer ce fait intéressant, que j'ai eu le tort de ne pas publier, comme j'aurais pu le faire trois mois plus tôt.

fication de l'oxide d'urane, je me suis trouvé à même de travailler sur une assez grande quantité de la mine de *Pech-Blende de Johann Georgen stadt*. J'en ai retiré plusieurs onces d'un oxide d'un beau jaune foncé, très-différent par l'aspect d'un oxide d'urane que j'avais préparé, il y a quinze ans, avec la mine d'urane d'Autun, dans l'intention de me procurer l'urane à l'état métallique.

Le travail que M. Bucholz publia à cette époque sur le même objet ayant atteint le but que je m'étais proposé, je me contentai de traiter la mine d'Autun par l'acide nitrique, qui en dissolvit la moitié, d'en précipiter l'oxide d'urane par l'ammoniaque, et je le conservai dans cet état.

En comparant ce dernier oxide avec celui que je venais d'extraire du Pech-Blende, je fus frappé de la différence de couleur qu'ils affectaient. L'oxide d'Autun était d'un jaune pâle semblable à la fleur de soufre; celui du Pech-Blende et même son carbonate avaient une couleur jaune foncée. Ces nuances subsistaient au contact d'une chaleur rouge : le premier conservait son jaune pâle, le second se fonçait au point de devenir orangé, et retenait une teinte jaune plus foncée que celle qu'il avait auparavant.

L'oxide du Pech-Blende calciné avec le papier, auquel il adhérait, changeait sa couleur jaune en vert olive par une forte calcination; le carbonate de cet oxide éprouvait le même changement : il est vraisemblable que, dans les deux cas, ce changement était dû au carbone du papier ou de l'acide qui ramenait le métal à l'état de protoxide. Quant à l'oxide jaune pâle d'Autun, il conservait

sa nuance malgré l'action de la chaleur, aidée de celle d'un corps désoxigénant.

J'ai observé aussi que l'oxide jaune-pâle retiré de la mine d'Autun se détache aisément des filtres, tandis que l'oxide foncé du Pech-Blende y adhère au point qu'on ne peut en déterminer la quantité sans avoir recours à l'incinération.

Cette différence constante de couleur dans les mêmes circonstances m'en fit présumer une dans la composition de ces deux oxides, et m'engagea à rechercher quelle pouvait en être la cause. Je vais avoir l'honneur de soumettre à l'Académie les expériences que j'ai faites à ce sujet, et les résultats qu'elles m'ont donnés.

L'oxide jaune-pâle de la mine d'Autun, précipité de l'acide nitrique par l'ammoniaque, est celui que j'ai d'abord essayé. 100 parties de cet oxide ont perdu 22 parties par la calcination; les 78 autres ont été fondues avec 4 fois leur poids de potasse caustique, et entretenues à la chaleur rouge pendant une demi-heure. Dès la première action de la chaleur le mélange a pris une couleur jaune foncée que la masse a conservée après son refroidissement.

Cette masse ayant été delayée dans l'eau, il s'est déposé une poudre jaune foncée qui, bien lavée et calcinée, ne pesait plus que 61 parties et présentait les caractères du peroxide d'urane.

La dissolution alcaline a été sursaturée par l'acide hydrochlorique et chauffée jusqu'à l'ébullition pour en chasser l'acide carbonique; elle contenait alors un léger excès d'acide hydro-chlorique, que j'ai saturé par quelques gouttes d'ammoniaque, puis j'y ai versé de l'eau

de chaux qui y a formé un abondant précipité floconneux, facile à reconnaître pour du phosphate de chaux. Pour éviter le mélange du carbonate de cette base, j'ai redissous le précipité dans l'acide hydro-chlorique, et l'ai fait reparaître par un excès d'ammoniaque. Ce précipité, lavé, seché et calciné, pesait 30 parties, qui représentent 16 parties 6 dixièmes d'acide phosphorique. Il est à remarquer que cette quantité d'acide est relativement à l'oxide d'urane à-peu-près dans le rapport donné par le calcul. En effet, si, en admettant les proportions définies, 79 parties d'oxide d'urane ont besoin pour leur saturation de 21 parties d'acide phosphorique, il faudra 16,2 de cet acide pour saturer 61 parties du même oxide.

Je me suis empressé de répéter mon expérience sur un morceau de la mine d'urane d'Autun que M. Léman a bien voulu me donner; j'en ai pris les lames les plus pures, et après les avoir pulvérisées, je les ai calcinées. Elles ont perdu par la chaleur, dans plusieurs expériences, de 19 à 21 centièmes de leur poids. J'ai dissous à une légère chaleur le résidu de la calcination soit dans l'acide nitrique, soit dans l'acide muriatique, et il n'est resté que de 2 à 5 centièmes (selon l'état de pureté de la mine), d'une matière rougeâtre qui n'était qu'une combinaison d'oxide de fer et de silice provenant de la gangue.

La dissolution filtrée a été sursaturée avec de l'ammoniaque. J'ai recueili le précipité floconneux et d'aspect gélatineux qui s'est formé; sa couleur jaune-pâle, qui ne s'est point foncée par la chaleur, annonçait qu'il était parfaitement semblable à celui précédemment essayé,

c'est-à-dire que l'oxide d'urane y était combiné avec l'acide phosphorique.

Le poids de ce prétendu oxide, après sa calcination, était de 70 parties. Je l'ai mêlé exactement avec quatre fois son poids de carbonate de soude bien desséché, et j'ai chauffé le mélange jusqu'au rouge blanc dans un creuset de platine; j'ai obtenu une masse d'un orangé foncé parfaitement fondue, sous la forme d'un culot très-solide et d'un petit volume. Malgré sa dureté, il s'est facilement délayé dans l'eau bouillante; la portion insoluble, lavée et calcinée, ne représentait plus que 55 parties : cet oxide d'urane a conservé une couleur jaune foncée après son refroidissement.

L'eau alcaline filtrée, sursaturée par de l'acide hydrochlorique, chauffée jusqu'au dégagement total de l'acide carbonique, puis saturée d'ammoniaque, a laissé déposer une petite quantité de flocons représentant une partie que j'ai prise d'abord pour de l'alumine, mais qu'ensuite j'ai reconnue pour de l'oxide d'urane. Après la séparation de ces flocons, j'ai versé de l'eau de chaux jusqu'à cessation de précipité, et j'ai obtenu une matière floconneuse, abondante, gélatineuse, qui avait toutes les propriétés du phosphate de chaux, et qui, calcinée, pesait 26 parties et demie. Ces 26 parties et demie représentent 14 parties et demie d'acide phosphorique, dont la quantité, comparée à celle des 55 parties d'oxide d'urane déjà obtenues, se trouve dans un rapport presque exactement semblable à celui qu'indiquent les proportions définies.

La dissolution hydrochlorique dont les 70 parties de phosphate d'urane avaient été séparées, mêlée à de l'oxa-

late d'ammoniaque, a donné un précipité (12 parties) d'oxalate de chaux représentant 4 parties 6 dixièmes de chaux. Cette expérience prouve que la chaux était à l'état de liberté dans la mine d'urane. Si elle eût été combinée à l'acide phosphorique, elle se serait précipitée avec cet acide, et sa précipitation aurait eu lieu également dans le cas où elle aurait été en combinaison avec l'oxide d'urane.

Dans une des quatre analyses que j'ai faites de la mine d'Autun, il est arrivé que je n'ai retiré de la dissolution nitrique que le quart de la chaux, dont les trois autres quarts ont été retrouvés dans l'oxide d'urane après en avoir séparé l'acide phosphorique. J'attribue cette anomalie à ce que, cette fois, avant de dissoudre la mine d'urane dans les acides, je l'avais calcinée plus longtemps et plus fortement que je ne l'avais fait précédemment. Il semble présumable que, par une forte calcination, la chaux libre peut décomposer, comme le font la potasse et la soude, une portion de phosphate d'urane, et passer elle-même à l'état de phosphate en mettant à nu une quantité équivalente d'oxide d'urane. Il serait également possible que la mine d'urane contînt naturellement une petite quantité de phosphate de chaux, et ce qui me porte à le croire, c'est que j'ai constamment retrouvé quelques traces de chaux dans l'oxide d'urane séparé de son acide phosphorique, et, d'un autre côté, quelques traces d'oxide d'urane dans l'acide dont le phosphate de ce métal avait été isolé.

Les chimistes savent, et ce fait a été récemment confirmé par les expériences de MM. le Canu et Serbat, que

le carbonate d'ammoniaque est un des meilleurs réactifs que l'on puisse employer pour purifier l'oxide d'urane. En effet, si cet oxide est combiné à du plomb, de la chaux, du fer, et qu'il soit, en cet état, dissous dans un acide, un excès de ce carbonate versé dans la dissolution en précipite sur-le-champ tous les corps cités pour exemple, et ne retient que l'urane en dissolution.

Mais si l'on concluait de ce fait que l'oxide d'urane redissous par le carbonate d'ammoniaque est parfaitement pur, et par conséquent exempt de tout corps quelconque, étranger à sa nature, on tomberait dans une erreur grave, et il m'est facile de prouver cette assertion en rendant compte d'une expérience qui ne me paraît pas sans intérêt pour le succès de l'analyse chimique.

J'ai pris une quantité donnée de phosphate d'urane, je l'ai dissoute dans une suffisante quantité d'acide hydrochlorique, et j'y ai versé peu à peu du carbonate d'ammoniaque jusqu'à ce qu'il y en eût un grand excès. D'abord, le précipité formé par ce réactif n'a pas paru se dissoudre, et la liqueur est restée incolore; mais, ayant abandonné le mélange au repos du soir au lendemain, j'ai été surpris de voir que la presque totalité du précipité avait disparu, et que la liqueur était devenue jaune, comme si elle n'avait eu que de l'oxide d'urane à dissoudre. L'addition d'une nouvelle quantité de carbonate d'ammoniaque a bientôt fait disparaître le reste, à l'exception toutefois d'une très-petite quantité évaluée à un centième d'une matière que j'ai séparée par le filtre, et qui m'a paru un mélange d'oxides de fer, de manganèse et d'un peu d'étain déjà reconnu par M. Berzelius.

La liqueur filtrée a été évaporée à une douce chaleur, avec la précaution d'ajouter une quantité d'eau égale à celle qui se perdait par l'évaporation. J'ai continué de chauffer jusqu'à ce que la liqueur surnageante ne fût plus colorée, et qu'il ne s'en dégageât plus d'ammoniaque. Le dépôt formé avait une couleur jaune-pâle semblable à celle du phosphate, et la quantité que j'en ai obtenue était, à deux centièmes près, la même que celle soumise à l'expérience. Traitée par les moyens d'analyse ci-dessus décrits, elle m'a fourni, en oxide d'urane et en acide phosphorique, les proportions indiquées plus haut pour la composition du phosphate de ce métal.

Dira-t-on que le phosphate d'urane a d'abord été décomposé, qu'ensuite il s'est recomposé par la chaleur et à cause du dégagement de l'ammoniaque? Il semble plus vraisemblable et plus convenable d'admettre sa dissolution pure et simple dans ce carbonate.

Ce qui est plus certain, c'est qu'il était difficile, pour ne pas dire impossible, de prévoir que cette dissolution s'opérerait, et par conséquent de ne point regarder comme pur oxide d'urane le phosphate qui s'était ainsi dissous dans le carbonate d'ammoniaque. Il n'y avait aucun motif d'y soupçonner la présence d'un acide ou celle de l'urane à l'état de phosphate; il fallait nécessairement avoir été amené, par des expériences préliminaires, à reconnaître l'existence de l'acide phosphorique dans ce prétendu oxide.

Il résulte de mes expériences que 100 parties de la mine d'urane d'Autun sont formés ainsi qu'il suit :

	centièmes.
Eau	21
Oxide d'urane	55
Acide phosphorique	14,5
Chaux	4,6
Oxide de fer et silice	3.
Traces de manganèse et d'étain.	
	98,1.

Et je crois pouvoir tirer des faits ci-dessus exposés les conclusions suivantes :

1°. Que la mine d'Autun, regardée jusqu'à présent soit comme un oxide d'urane, soit comme une combinaison d'oxide et de chaux, est un véritable phosphate d'urane;

2°. Que la chaux dans cette mine est, pour la plus grande partie, à l'état de liberté;

3°. Que le phosphate d'urane est entièrement soluble dans le carbonate d'ammoniaque, d'où il est en totalité précipité par la chaleur de l'ébullition.

Sur *la Chaleur des eaux thermales naturelles;*

Par M. Longchamp.

Depuis trois ans que je suis chargé de l'analyse des eaux minérales du royaume, j'ai visité un assez grand nombre d'établissemens thermaux, situés dans différentes contrées de la France, depuis les Pyrénées jusqu'aux Vosges; partout j'y ai entendu dire que les eaux ther-

males naturelles conservent leur chaleur plus long-temps qu'une eau de rivière élevée à la même température, au moyen du feu de nos foyers.

Non-seulement cette opinion est généralement répandue parmi MM. les médecins-inspecteurs des eaux et les personnes qui habitent les lieux thermaux; mais elle est encore partagée par un assez grand nombre de médecins qui sont étrangers à l'administration des eaux minérales, et elle se trouve proclamée dans les ouvrages les plus récens (1).

---

(1) « Le calorique qui échauffe les eaux thermales s'y » trouve toujours dans un état de combinaison tout particu- » lier qui leur imprime, par rapport à nos organes, des pro- » priétés très-différentes de celles que nous pouvons commu- » niquer à l'eau à l'aide de nos moyens artificiels de » chauffage. On supporte les eaux minérales naturelles, en » boissons et en bains, à un degré de chaleur bien supérieur » à celui de l'eau chauffée artificiellement. L'eau minérale » naturelle, à 30 ou 34°, ne cause aucune sensation désagréa- » ble sur nos organes, qui seraient douloureusement affectés » par un liquide quelconque chauffé à la même température. » Dans les sources qui donnent jusqu'à 70° de chaleur au » thermomètre de Réaumur, non-seulement les substances » végétales ne cuisent pas, mais elles paraissent prendre plus » de verdure et de fraîcheur. On remarque en outre que les » eaux thermales se refroidissent en général plus lentement, » et s'échauffent plus difficilement que l'eau pure portée au » même degré de température. » (Article *Eaux minérales* (thérapeutique), par M. Guersent. *Dictionnaire de Médecine*, tome VII, p. 260. Paris, 1823.)

« De même que nous avons fait voir ci-dessus qu'il y a

Cette opinion ne me semblait être établie que par tradition, et ne m'avait jamais été présentée appuyée d'aucune expérience précise; je me contentais donc de répondre aux personnes qui m'en parlaient que ce n'était qu'un vieux préjugé, évidemment contraire à ce que la physique et la chimie peuvent nous apprendre et sur le calorique et sur la nature des eaux thermales. M'étant rendu à Bourbonne-les-Bains cette année, j'y trouvai accréditée, comme partout, l'opinion que je combats

---

» gaz et gaz acide carbonique, de même aussi y a-t-il chaleur et chaleur. La chaleur animale est très-différente de celle de nos foyers, et celle des eaux thermales diffère beaucoup de celles des eaux communes chauffées à la même température. 1°. Cette chaleur est plus douce, plus durable, et, pour ainsi dire, plus en rapport avec notre nature. Je n'aurais certainement pas pu boire de l'eau chauffée à 38° R. : indépendamment de sa température trop élevée, une eau ordinaire, ainsi chauffée, a une saveur désagréable; au lieu que j'ai bu avec plaisir plusieurs verrées de celle du *Crucifix*, qui est à la même température, sans éprouver d'autres sensations, à la bouche et dans les entrailles, qu'une chaleur douce qui se répandait partout; 2°. les bains chauffés artificiellement ne tardent pas à perdre de leur chaleur, et l'on a observé, depuis sept siècles que l'on fréquente les eaux de Plombières, que leur température est égale en hiver comme en été, du moins à l'exploration du thermomètre. » (*Mémoire sur les Eaux minérales des Vosges*; par M. Fodéré, professeur à la Faculté de Médecine de Strasbourg. *Journal complémentaire du Dictionnaire des Sciences médicales*, tom. VI, p. 103. Paris, 1820.)

depuis trois ans, mais appuyée d'expériences récentes, imprimées dans différens Mémoires sur les eaux de Bourbonne, et que l'on me communiqua (1).

L'esprit qui m'a toujours guidé dans l'étude de la science est, je crois, le seul qui puisse amener à des progrès réels : je ne fais aucun cas des hypothèses lorsqu'il n'est pas permis d'en estimer la probabilité par quelques faits applicables à l'espèce, et qu'elles ne doivent point amener à des conséquences importantes ; je n'admets les théories que comme moyens faciles de grouper les faits ou de figurer à mon esprit les phénomènes qu'ils présentent, mais je n'en adopte définitivement aucune ; je mets en doute tous les faits jusqu'à

---

(1) « Deux baignoires en cuivre, parfaitement égales dans » leurs dimensions, ont été placées à peu de distance de la » source thermale de l'hôpital militaire, et toutes deux sous » les mêmes influences de la température du local, qui était » de 22°,50 centig., et de la pression atmosphérique mar» quant 74,75 centimètres. J'ai fait mettre d'abord dans une » de ces baignoires 250 litres d'eau minérale, pour m'as» surer de la perte de calorique qui aurait lieu pendant ce » transvasement. Après avoir reconnu qu'elle était de 2° cent., » j'ai fait vider de suite cette baignoire, et en même temps » qu'on y mettait une pareille quantité de la même eau, on » versait aussi dans l'autre 250 litres d'eau commune qu'on » avait fait chauffer à 50° centig., afin de pouvoir la rame» ner sur-le-champ à la température de l'eau minérale par » le moyen de l'eau froide qu'on y ajoutait, avec la précau» tion d'en retirer une pareille quantité d'eau chaude, pour » ne rien déranger à la quantité nécessaire à la précision de » l'expérience. Après avoir établi ainsi un parfait équilibre

ce que je me sois convaincu par moi-même qu'ils sont ce qu'ils ont été annoncés ; enfin je pense que l'on ne peut combattre des résultats de l'expérimentation que par d'autres résultats de l'expérience, et que c'est vouloir rester dans les ténèbres que de prétendre nier irrévocablement les faits, par cela seul qu'ils sont en opposition avec les théories.

» entre la température de ces deux liquides, j'ai noté les » différences de refroidissement ainsi qu'il suit :

		TEMPÉRATURE DE	
		L'eau minérale.	L'eau ordinaire.
Commencement de l'expérience à	8 h. du matin.	48°,00 cent.	48°,00 cent.
Continuation à	10	41,00	37,50
Id. à	12	35,50	31,00
Id. à	2 du soir.	31,00	27,00
Id. à	4	27,50	24,00
Id. à	5	25,75	22,50
Id. à	6	24,50	
Id. à	8	23,00	
Id. à	9	22,50	

» On voit, d'après cette expérience, que l'eau minérale a » été treize heures pour perdre les 25°,50 qu'elle avait au- » dessus de la température ambiante, et que l'eau ordinaire » les a abandonnés en neuf heures seulement ; d'où il résulte » que la première conserve sa chaleur un tiers à-peu-près » plus long-temps que la seconde. » (*Analyse de l'eau de Bourbonne* (*Recueil de Mémoires de Médecine et de Pharmacie militaires*, tome XII, page 21. Paris, 1822)).

D'après cette manière de philosopher, j'ai dû vérifier par moi-même les résultats que l'on avait obtenus sur la perte de calorique éprouvée par les eaux thermales et les eaux ordinaires amenées, par une chaleur artificielle, à la même température.

En conséquence, j'ai pris trois bouteilles à goulot renversé et bouchant parfaitement avec des bouchons de liége : je les désignerai par *A*, *B*, *C*. La première contenait 2^k, 192 gr. d'eau pure, la seconde 2^k,00 et la troisième 2^k,282 gr.

J'ai rempli la bouteille *A* d'eau ordinaire et j'y ai ajouté environ 13 gram. de muriate de soude, ce qui est à-peu-près l'équivalent de ce que l'eau de Bourbonne contient de ce sel; les bouteilles *B* et *C* ont été remplies d'eau minérale prise dans le grand puisard qui est dans l'établissement thermal. Voici le résultat de la marche du thermomètre plongé dans le liquide des trois bouteilles, après avoir agité fortement chaque fois pour bien mêler les différentes couches qui se forment assez promptement dans un liquide échauffé et qui est abandonné au repos :

	Midi ¼.	1 heure 45 m.	3 h. 30 m.	7 heur.	10 heur.
	centig.	centig.	centig.	centig.	centig.
A	48°,10	36°,75	30°,20	24°,40	22°,00.
B	46,50	36,10	30,00	24,40	22,00.
C	46,75	36,00	30,00	24,40	22,00.

La température de la chambre, qui, au commencement de l'expérience (midi 15 minutes), était à 21° centigrades, n'était plus qu'à 19°,10 à la fin, c'est-à-dire, à dix heures du soir.

Le flacon *A*, qui contenait l'eau ordinaire, a perdu plus de calorique entre midi quinze minutes et une heure quarante-cinq minutes que les flacons *B* et *C* remplis d'eau minérale. Ce résultat est conforme à la loi connue du calorique rayonnant; mais, à partir de 3 heures 30 minutes, que la température était sensiblement égale dans les trois flacons, la quantité de calorique perdue dans un temps donné a été rigoureusement la même que celle qui a été abandonnée par l'eau ordinaire.

La crainte dans laquelle je suis toujours d'annoncer des résultats qui ne soient point parfaitement exacts, et le desir que j'ai d'avoir du moins une certitude parfaite des faits que j'observe, m'ont mis depuis long-temps dans l'habitude de recommencer plusieurs fois mes expériences, afin d'être bien convaincu qu'aucune circonstance inobservée ne m'en a pas imposé; j'étais d'ailleurs engagé à suivre ma marche accoutumée par le desir que j'ai de bien convaincre les médecins de l'erreur dans laquelle ils sont sur la nature de la chaleur des eaux thermales. Je recommençai donc mon expérience; mais, au lieu de mettre dans le flacon *A* une dissolution de muriate de soude, je l'ai rempli d'eau distillée; les flacons *B* et *C* ont été remplis d'eau minérale de la fontaine de la place, qui est celle dont on fait usage pour la boisson. Voici les résultats obtenus et qui, par leur conformité, ne laissent plus aucun doute :

	Midi 30 m.	3 heur.	5 heur.	8 h. 30 m.	10 h. 15 m.
	centig.	centig.	centig.	centig.	centig.
A	49°,50	34°,90	29°,75	24°,60	23°,30
B	49,50	35,10	29,80	24,60	23,30
C	50,40	35,15	29,80	24,60	23,30.

La température atmosphérique, qui, au commencement de l'expérience, était à 24°,00 centig., n'était plus à la fin que de 21°,75.

Il resterait actuellement à expliquer ou du moins à indiquer quelles sont les causes qui m'ont fait obtenir des résultats si différens de ceux que j'ai rapportés plus haut, et que j'ai extraits du Mémoire sur l'analyse des eaux de Bourbonne, inséré dans le *Recueil de Médecine militaire;* je me contenterai de faire connaître celles qui pourraient avoir eu quelque influence, et, pour le reste, je dirai à tous ceux qui se livrent aux sciences d'expérimentation : rapportez vos résultats tels que vous les obtenez sans vous embarrasser s'ils cadrent avec vos idées ou s'ils leur sont contraires; c'est un devoir dont la conscience vous fait une loi, et que l'avancement de la science réclame.

1°. Les expériences qui ont précédé les miennes ont été faites dans des vaisseaux ouverts, et par conséquent la chaleur se perdait par deux causes, le rayonnement des vases et la formation de la vapeur : or, il est difficile d'avoir deux bassines ou deux baignoires qui soient également claires ou également ternies, et par conséquent on aura plus de perte par le rayonnement dans l'une que dans l'autre. L'eau, pour se vaporiser, étant obligée d'enlever à la masse dont elle sort une portion de sa chaleur, et l'évaporation étant en raison des surfaces, il s'ensuit que, si les deux vases ne sont pas parfaitement dans les mêmes dimensions, la quantité d'eau évaporée, et par conséquent la quantité de calorique enlevé, ne sera pas la même dans les deux cas.

2°. Si l'un des deux liquides est une eau assez forte-

ment chargée de sels et l'autre de l'eau distillée, l'évaporation sera moins considérable dans le premier cas que dans le second; ce qui tient à l'action que les substances salines exercent sur l'eau : or, nous venons de voir que la perte de la chaleur est en raison de la vapeur formée.

3°. Si l'on n'a pas soin de brasser la masse avant que d'y plonger le thermomètre, on n'a point la température exacte du liquide, la différence de pesanteur spécifique de l'eau chauffée à différens degrés de chaleur décidant bientôt un mouvement dans le liquide, qui porte vers le fond du vase les surfaces qui se sont refroidies, et qui par là sont devenues plus pesantes, et ramenant toujours à la partie la plus élevée les portions les plus chaudes, qui, par cette raison, sont plus légères.

Voilà les causes d'erreur les plus influentes, et que j'ai su éviter en me servant de vases de verre bouchés; mais ces causes, qui toutes sont très-notables dans des cas ordinaires, auraient dû disparaître dans les expériences que je critique; car, comment se ferait-il que le hasard aurait fait mettre précisément l'eau minérale dans un vase rayonnant moins que celui dans lequel on a mis l'eau ordinaire? Comment se ferait-il qu'en treize heures on aurait plongé sept fois le thermomètre dans une couche d'eau qui se serait toujours trouvée à une température plus élevée dans l'eau minérale que dans l'eau pure, etc.? Pour faire des travaux utiles à l'avancement de la science, il faut savoir observer et surtout rapporter scrupuleusement ce que les yeux ont vu et ce que les instrumens ont accusé.

En éclairant les médecins sur la véritable idée qu'ils

doivent se former du calorique des eaux thermales, je crois avoir fait une chose utile à la science ; car les préjugés ne sont pas seulement funestes en ce qu'ils ne sont point l'expression de la vérité, mais encore parce qu'ils empêchent notre esprit de s'exercer et qu'ils l'habituent à se contenter de raisonnemens faux ou peu fondés.

L'on a observé que certaines eaux minérales naturelles avaient une action très-énergique dont on n'a pas trouvé une raison suffisante dans les principes que l'analyse chimique y démontre ; de là sont nés le calorique particulier des eaux thermales, l'existence de l'électricité dans ces eaux, etc. Mais on n'a pas assez réfléchi qu'un médicament agit et selon la température à laquelle on le boit et selon l'influence atmosphérique sous laquelle on le prend. Ainsi il est des eaux minérales que l'on boit à 50° centig. de chaleur; certes, elles ne doivent pas produire le même effet que si on les buvait à une température de 10 à 12°. Il est des sources qui sont situées à 1300 mètres au-dessus du niveau de la mer ; assurément l'eau de ces sources produira, dans ces lieux, un tout autre effet que celui qu'elles présenteraient sur les bords de la mer. Imaginez que du puits souterrain qui alimente les sources du Mont-Dore il parte un filet qui vienne sourdre dans Paris, ce serait une grande erreur de croire que la source de Paris, quoique bien identiquement la même que celle du Mont-Dore, produirait entièrement les mêmes effets sur l'économie animale.

Mais l'on a observé que l'action de certaines eaux minérales naturelles était plus énergique dans quelques circonstances, et le Dr Bertrand, qui joint un excellent esprit d'observation à un grand savoir, a établi ce fait

d'une manière incontestable pour les eaux du Mont-Dore; mais il croit trouver la cause de cette énergie exaltée dans la présence momentanée de l'électricité dans les eaux : je ne puis partager son opinion à cet égard; car c'est se mettre en opposition avec les lois qui régissent le fluide électrique. On sait, en effet, avec quelle vitesse ce fluide se meut, et si une circonstance quelconque l'accumulait dans un point de la surface du globe, il serait instantanément répandu à une grande distance de ce point : ainsi, en admettant, ce qui n'est nullement fondé, qu'une eau minérale charrie accidentellement du fluide électrique du sein de la terre à sa surface, elle serait instantanément, au moment de son contact avec cette surface, déchargée de l'excès d'électricité dont elle serait pourvue, et par conséquent un corps plongé dans cette eau ne serait point soumis à l'influence de la portion de fluide électrique dont on admet qu'elle se trouverait chargée en excès.

Les eaux minérales agissent en général en portant un trouble momentané dans quelques parties de notre système organique habituel; admettons donc que certaines eaux portent plus particulièrement leur action sur le système nerveux, ou seulement que le résultat de l'effet perturbateur se porte en partie sur ce système. L'on sait combien les nerfs sont excellens conducteurs de l'électricité; par conséquent, lorsque leur sensibilité sera exaltée par l'action de l'eau thermale, ils seront plus sensibles à celle du fluide électrique. Si donc, dans une circonstance donnée, l'atmosphère se trouve plus chargée d'électricité, le système nerveux se trouvera par là très-exalté; et si, dans ce moment, vous plongez l'individu

dans l'eau thermale, celle-ci aura son action irritante ordinaire, mais qui se trouvera d'autant plus forte dans cette circonstance que la partie sur laquelle elle se porte a été prédisposée à en ressentir davantage les effets. Ainsi, ce serait bien l'électricité qui serait la cause de l'action énergique que certaines eaux minérales présentent dans quelques circonstances; mais cette électricité serait celle que contient l'atmosphère, et non point celle que l'on voudrait admettre dans l'eau.

L'explication que je présente est certainement plus probable que celle que l'on soutient, et elle n'est en opposition avec aucun fait; mais je suis bien loin de la donner comme étant l'expression de la vérité. Au surplus, je le répète encore, car c'est un principe dont peu de personnes paraissent être pénétrées, toute hypothèse qui n'a pas pour but de donner une explication dont le résultat soit utile aux progrès de la science me semble établir une discussion tout-à-fait oiseuse. Que l'électricité vienne de l'air, qu'elle vienne de l'eau; qu'elle soit ou non la cause de l'action momentanément exaltée que l'on observe, cela n'est nullement important, puisque la connaissance du fait ne peut en rien avancer la science et apprendre quelque chose sur la thérapeutique des eaux minérales; car nous n'aurions aucun moyen d'empêcher l'eau ou l'air de contenir l'électricité dont ils se trouveraient chargés. L'observation a prouvé que certaines eaux thermales sont plus actives dans des temps que dans d'autres; c'est au médecin à examiner journellement les effets qu'elles produisent et à garantir les malades des accidens dont ils seraient menacés : c'est la marche que suit le D[r] Bertrand, et c'est

par les soins qu'il apporte dans l'administration des eaux dont il a l'inspection qu'il a élevé le Mont-Dore au grand état de prospérité où nous le voyons.

Chimie *appliquée à l'agriculture* (1).

Par M. le Comte Chaptal,
Pair de France, membre de l'Institut (Académie des Sciences), etc.

Extrait par M. Longchamp.

L'Agriculture est le premier des arts, puisque c'est elle qui nous donne les moyens de tirer du sol ce qui est nécessaire à notre nourriture, tandis que les autres, plus ou moins de luxe, attestent, il est vrai, la civilisation des nations, mais ne tiennent pas aussi essentiellement à l'existence de l'homme.

Notre révolution a eu pour effet de retirer des mains des couvens et de quelques privilégiés la propriété territoriale, qu'ils possédaient presque exclusivement. Aujourd'hui le propriétaire foncier qui n'a point d'argent est obligé de vendre à l'homme industrieux qui en a gagné, et ainsi la propriété arrive à celui qui est le plus capable de la gouverner.

Les temps malheureux dans lesquels nous avons vécu depuis une trentaine d'années ont fait sortir beaucoup de personnes des cités pour habiter la campagne; presque tous les riches propriétaires se sont livrés plus ou moins à l'exploitation de leurs domaines; ils apportent dans

---

(1) Chez madame Huzard, rue de l'Éperon, n° 7.

ces travaux les capitaux dont les améliorations commandent toujours l'emploi dans le principe, et un esprit éclairé qui les met à même de mettre en pratique les découvertes avantageuses que l'agriculture fait dans d'autres contrées.

Mais nos agriculteurs demandaient un ouvrage qui les éclairât dans leur marche et qui les mît à même d'étudier et d'apprécier les phénomènes dont ils sont journellement témoins. Un tel ouvrage n'était point facile à faire, il n'était point donné à tous les savans de l'entreprendre; il ne fallait pas être uniquement chimiste, il fallait encore joindre aux grandes vues de la science cette connaissance des faits pratiques sans laquelle ses applications, bien loin d'être utiles, sont funestes aux progrès des arts. M. Chaptal seul réunissait ces conditions; et si la tâche qu'il a entreprise était difficile, le service qu'il a rendu en publiant sa *Chimie appliquée à l'agriculture* n'en est que plus éminent.

Dans le premier chapitre, l'auteur traite *de l'atmosphère considérée dans ses rapports avec la végétation.* Il nous fait connaître la constitution de l'air et les proportions de ses élémens, le mode général d'action de chacun d'eux et comment leurs proportions sont invariables, malgré les causes qui sembleraient devoir les altérer.

Le second chapitre traite *de la nature des terres et de leur action sur la végétation.* L'auteur porte d'abord son examen sur le *terreau;* il en fait connaître les parties constituantes et comment, par sa décomposition, il peut concourir à la nourriture du végétal; ensuite il examine de quelle manière les terres arables se sont formées par la décomposition des roches, et quelles sont les diffé-

rentes causes de cette décomposition ; les terres arables sont ensuite examinées dans leurs parties constituantes. M. Chaptal nous présente les analyses d'un grand nombre de sols, qui sont le résultat de ses recherches ou de celles des chimistes qui l'ont précédé dans cet examen ; enfin il examine, dans un article particulier, les *propriétés des différentes terres*, et il fait voir comment, dans beaucoup de circonstances, l'agriculteur peut et doit varier la nature de son sol, soit en le rendant plus meuble lorsqu'il est trop argilleux, soit en lui donnant plus de corps lorsqu'il est trop léger. Il faut lire dans l'ouvrage même de quelle manière les terres agissent sur l'humidité atmosphérique et quelle est l'influence salutaire de cette humidité dans la végétation. Ce chapitre est riche d'observations, et l'agriculteur devra l'étudier avec soin.

Le chapitre III traite de la *nature et de l'action des engrais*. Ils sont divisés en engrais *nutritifs* et engrais *stimulans*. La manière toute nouvelle dont l'auteur examine cette dernière sorte d'engrais et quelle est son influence sur la végétation est remplie d'intérêt. Nous y voyons comment une petite quantité de plâtre, répandue sur un pré artificiel, peut, pendant plusieurs années consécutives, activer la végétation. La théorie de M. Chaptal est séduisante, et je ne vois point qu'elle soit susceptible d'objection. Les engrais jouent un rôle si important dans l'agriculture, qu'ils doivent être étudiés avec soin, et l'on trouvera dans l'ouvrage que nous examinons tout ce qu'il était possible de dire sur ce sujet.

Le chapitre IV traite *de la germination*, le chapitre V *de la nutrition des plantes*. Ces deux chapitres sont du plus haut intérêt et nous présentent les résul-

tâts les plus importans des recherches de M. Théodore de Saussure et de M. Bérard.

Le chapitre VI traite *des amendemens du sol*, et le chapitre VII *des assolemens*. Ils seront sans doute consultés avec soin par l'agriculteur; il y trouvera ce qu'une pratique éclairée a appris à l'auteur dans l'exploitation d'un domaine considérable, qu'il a dirigée pendant un grand nombre d'années.

M. Chaptal examine, dans le chapitre IX, *la nature et les usages des produits de la végétation*. C'est le chimiste qui écrit et qui soumet à un examen successif la gomme, la matière amilacée, le sucre, etc., etc. L'agriculteur trouvera sur ces diverses substances, tout ce qu'il lui est utile de connaître et qu'il chercherait laborieusement dans un traité complet de chimie.

Le chapitre X traite *de la conservation des substances animales et végétales*. Le titre seul de ce chapitre en fait connaître l'importance; les préceptes utiles qu'il renferme seront sans doute appréciés des personnes qui dirigent de grandes exploitations rurales.

Le lait et ses produits forment la matière du onzième chapitre, qui sera certainement un de ceux que les habitans des campagnes consulteront le plus.

Tout le monde connaît l'important *Traité* de M. Chaptal sur *l'Art de faire le vin*. L'auteur ne pouvait mieux faire que de se mettre à contribution lui-même, et il a extrait de cet important ouvrage ce qui fait la matière des chapitres XII et XIII.

Le système continental adopté par l'ancien gouvernement a procuré à la France deux arts importans et qui devaient affranchir notre pays de la dépendance des Co-

lonies pour deux matières d'une grande consommation. Le premier a pour objet l'extraction de l'indigo du pastel, et le second l'extraction du sucre de la betterave. La liberté des mers et le système colonial menacent de nous faire perdre ces deux richesses territoriales ; mais un jour les événemens peuvent nous remettre dans la nécessité où nous nous sommes déjà trouvés, et nous aurions à recommencer des essais longs et coûteux pour obtenir des produits que notre industrie était enfin parvenue à extraire, si les travaux entrepris et les résultats obtenus ne restaient pas consignés dans les archives de la science. C'est ce qui a engagé M. Chaptal à consacrer le dix-septième chapitre de son ouvrage à la *culture du pastel et à l'extraction de son indigo*, et le dix-huitième *à la culture de la betterave et à l'extraction de son sucre.*

Tout le monde sait que M. Chaptal a été un des premiers à élever en France une des fabriques les plus importantes de sucre de betteraves, et que c'est dans cette fabrique que se sont formées la plupart des personnes qui ont dirigé celles qui se sont successivement établies. L'auteur pouvait donc mieux que tout autre traiter dans tous ses détails un objet aussi important; il l'a fait, et ce ne sera pas sans doute une des moindres obligations que notre industrie lui aura. Les préjugés s'opposent souvent à la réussite des choses le plus évidemment bonnes : le sucre de betteraves les a tous éprouvés; mais enfin ils ont été tous vaincus. Il avait un goût désagréable, disait-on, et l'on est parvenu à défier les gourmets les plus délicats de pouvoir distinguer le sucre de betteraves du sucre de canne. Il ne sucrait pas autant que ce dernier, assurait-on, et au-

jourd'hui personne n'ose plus faire cette objection; enfin l'on disait partout que ce n'était qu'une charlatanerie, et que l'on ne faisait nulle part du sucre de betteraves. M. Chaptal nous donne les comptes de sa fabrique, et il prouve, par ce résultat, que ce sucre peut être versé dans le commerce à 1 fr. 20 c. le demi-kilogramme.

J'ai passé rapidement en revue les principaux chapitres de la *Chimie appliquée à l'agriculture*, et je n'ai point parlé du discours préliminaire, qui se distingue par les vues profondes de l'auteur, les grandes idées d'administration qu'il y a répandues et l'élégance du style. Nous n'avons par oublié que M. Chaptal fut un des professeurs les plus éloquens qui nous ont initiés dans la belle science qu'il cultive, et qu'il a quitté la chaire qu'il avait illustrée pour diriger le ministère de l'intérieur, à une époque où la France était un colosse de grandeur et de puissance.

Sur *le Rapport qui existe entre les proportions chimiques et la forme cristalline.*

IIIme Mémoire : *sur les Corps qui affectent deux formes cristallines différentes.*

Par Mr E. Mitscherlich.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, à Berlin.)

Il se trouve, dans mon second Mémoire, un fait (1) que je n'ai publié qu'avec beaucoup de méfiance, mais qui cependant était tellement confirmé par les expé-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XIX, p. 415.

riences, que je n'avais aucune raison de le soupçonner être une erreur commise de ma part. Ce fait, c'est-à-dire qu'un corps, par exemple le bi-phosphate de soude, affecte deux formes cristallines différentes, n'avait pas encore été observé dans les combinaisons artificielles, et Haüy était persuadé qu'il n'était appuyé par aucun exemple dans les minéraux. Il y a cependant plusieurs faits qui le confirment; mais malheureusement nous ne sommes jamais sûrs de trouver dans les minéraux des combinaisons parfaitement exemptes de mélange, et après avoir observé un minéral avec deux formes cristallines, on a toujours reconnu quelques traces d'une substance étrangère qui peut avoir produit la différence de la forme.

J'ai poursuivi, depuis la publication de mon second Mémoire, cet objet, et je trouve maintenant constant qu'*un corps, qu'il soit simple ou composé, peut affecter deux formes cristallines différentes.*

Ce fait ayant été observé plusieurs fois, je choisis aujourd'hui le soufre, qui, comme corps simple, se prête mieux à démontrer la vérité de cette observation.

Soufre.

Les cristaux de soufre naturel, que j'ai examinés, appartiennent à deux différentes époques des révolutions de notre globe, et se trouvent dans la chaux et dans les terrains volcaniques. Je me suis procuré des cristaux artificiels de soufre par deux procédés différens, en laissant évaporer (1) du carbure de soufre dans lequel une quantité

(1) J'ai préparé une assez grande quantité de carbure de soufre, et je l'ai rectifié en en distillant à-peu-près neuf dixièmes;

de soufre était dissoute, et en fondant du soufre que j'ai laissé refroidir lentement (1). Les cristaux naturels de soufre et ceux que l'on obtient du carbure ont la même forme cristalline avec les mêmes modifications, mais différente de celle que le soufre fondu affecte. En fondant le soufre naturel on obtient les cristaux que le soufre ordinaire présente après être fondu.

La forme primitive des cristaux de soufre naturel et de soufre obtenu par l'évaporation du carbure de soufre est un octaèdre à bases rhombes, ainsi que Haüy l'a déterminé. Les joints sont parallèles aux plans *P*. J'ai

---

j'ai exposé le reste, qui contenait toute la quantité de soûfre que le carbure avait dissoute pendant sa formation, à l'accès de l'air, dans un vase à col étroit. Le carbure s'est évaporé et des cristaux de soufre se sont formés; il faut cependant retirer les cristaux si l'on veut les obtenir bien beaux avant que tout le carbure soit évaporé, parce qu'ils se couvrent ordinairement, à la fin de l'opération, d'une croûte; les cristaux sont transparens et ressemblent parfaitement aux cristaux naturels.

(1) Pour obtenir de grands cristaux de soufre fondu, j'ai fait fondre, dans un pot ordinaire, cinquante livres de soufre; j'ai laissé refroidir le pot entouré de mauvais conducteurs de chaleur, pendant quatre et jusqu'à cinq heures; il s'était formé une croûte épaisse; j'ai percé cette croûte et j'ai laissé, en renversant le pot, découler le soufre liquide qui était dans l'intérieur de la masse; les cristaux que j'ai obtenus de cette manière avaient quelquefois un demi-pouce de diamètre. Ces cristaux, nouvellement préparés, sont transparens; mais s'ils sont exposés à l'air ils blanchissent en peu de temps et deviennent opaques.

trouvé l'angle que P fait avec P' de 84°,58', et celui que P fait avec P'' de 143°,17'; la mesure a été faite par le goniomètre à réflexion, et ne s'éloigne pas beaucoup des angles que Haüy a supposés.

Je n'ai rien à ajouter sur le parallélisme et le rapport réciproque des plans, que l'on conçoit au premier coup-d'œil sur les figures mêmes, si ce n'est que le plan s est déterminé par le parallélisme des arêtes $\frac{s}{n}$ et $\frac{s}{P}$ et des arêtes $\frac{P}{s}$ et $\frac{s}{r}$; il suit de ce parallélisme que la tangente de l'angle que l'arête $\frac{P}{P}$ fait avec l'axe, est à la tangente que l'arête $\frac{s}{s}$ fait avec l'axe, comme 1 : 3.

Signes des plans.

$$P \ \underset{1}{A} \ {}^{1}I^{1} \ \overset{1}{\underset{1}{D}} \ \underset{2}{A} \ {}^{1}B^{1}$$
$$r \quad o \quad m \quad s \quad n.$$

Les formes secondaires étant déterminées par leur situation, les inclinaisons des faces de ces cristaux sont les suivantes, si l'on part des mesures sus-mentionnées.

$P:P'' = 143°,17'$	$B:B' = 124°,24'$;
$P:P' = 84°,58'$	$D:D' = 101°,59'$;
$P:m = 161°,38\frac{1}{2}'$	$C:C' = 133°,45'$;
$P:r = 108°,21\frac{1}{2}'$	$n:n' = 104°, 3'$;
$m:r = 90°$	$v:v = 115°,24'$;
$P:P = 106°,38'$	$s:s' = 89°,52'$;
$P:n = 132°,29'$	$s:r = 134°,56'$.

La forme primitive des cristaux obtenus par la fusion du soufre est un prisme oblique à bases rhombes (fig. 7),

dans lequel M' fait avec M'', d'après la mesure avec le goniomètre à réflexion, un angle de 90°,32′, et P avec M un angle de 85°,54$\frac{1}{2}$; les plans MM se prêtent surtout à une mesure exacte. Les joints qui se manifestent facilement sont parallèles aux faces de la figure primitive.

Le parallélisme et le rapport réciproque des plans se trouvent exactement exprimés dans les figures : $\frac{P}{n}$ est parallèle à la diagonale oblique du plan P; $\frac{t}{n}$ est parallèle à un plan mené par les coins EE du prisme, et $\frac{}{P}$ parallèle à $\frac{t}{M}$; il s'ensuit que la tangente de l'angle que l'arête r fait avec l'axe est à la tangente que P fait avec l'axe comme 1 : 9; car j'ai trouvé, par la mesure, que la tangente de l'angle mesurateur pour le décroissement sur le coin E est à la tangente de la moitié de l'angle que n fait avec n dans le rapport de 5 : 1.

Les cristaux se présentent ordinairement comme mâcles de deux différentes espèces; une de ces mâcles est une hémitropie vraie (fig. 10). Cette espèce de mâcle se trouve assez souvent dans les cristaux, dont la forme primitive est un prisme oblique à bases rhombes; par exemple, dans l'amphibole et le pyroxène. L'autre espèce est très-remarquable, et on ne l'a rencontrée jusqu'ici que dans les cristaux du soufre fondu; le cristal n'est, pour ainsi dire, tourné que d'un quart. (*Voyez* fig. 11.) Le plan d est parallèle au plan d de l'autre cristal; d est la troncature tangente de l'arête H, et le plan n d'un cristal est parallèle au plan n' de l'autre, avec lequel il ne fait qu'un même plan. Cette circonstance donne

un moyen de déterminer exactement la hauteur du prisme si l'on a mesuré l'angle que les faces latérales font entr'elles, et si l'on a déterminé, par une mesure préliminaire, la loi de décroissement du plan *n*; c'est de cette manière que j'ai déterminé la hauteur du prisme.

Signes des plans.

$$P\ M\ {}^{1}H^{1}\ \overset{\frac{1}{5}}{E}\ \overset{\frac{1}{10}}{D}$$

$$\qquad\qquad d\quad n\quad t$$

Inclinaison des plans.

$P : d' = 95^{\circ},46'$;
$M' : M'' = 90^{\circ},32'$;
$P : d'' = 84^{\circ},14'$;
$P : M' = 85^{\circ},54\frac{1}{2}'$;
$P' : M'' = 94^{\circ},5\frac{1}{2}'$;
$M : d = 135^{\circ},16'$;
$n : n = 90^{\circ},18'$;
$n : P = 135^{\circ},9'$;
$r : d' = 138^{\circ}$;
$r : d'' = 42^{\circ}$;
$o = 90,14'$;
$r : P = 137^{\circ},46'$;
$P : t = 127^{\circ},58'$;
$t : M = 146^{\circ},7\frac{1}{2}'$.

J'ai dissous le soufre non-seulement dans le carbure de soufre, mais aussi dans le chlorure et le phosphure de soufre. Le soufre se dissout facilement à l'aide de la chaleur dans le chlorure, et cristallise dans la dissolution si elle est refroidie ; ce qui prouve que le chlorure dis-

sout plus de soufre à une température élevée qu'à la température ordinaire.

J'ai obtenu d'une manière semblable des cristaux de phosphore. Le phosphore se dissout dans le phosphure de soufre, qui est encore liquide à la température ordinaire; il est plus soluble à une température élevée et cristallise dans la dissolution refroidie qui reste liquide. On obtient de cette manière de beaux et de grands cristaux de phosphore, qui sont des dodécaèdres réguliers; et ne montrent aucune modification de cette forme primitive (1).

Le soufre se dissout dans le carbure, le phosphure et le chlorure de soufre; le phosphore se dissout également dans le phosphure de soufre, et la dissolubilité du phosphore et du soufre augmente avec la température. Ces phénomènes sont tout-à-fait analogues à la dissolution des sels dans l'eau. Il paraît bien vraisemblable que l'arsenic se trouve dans le même cas que le soufre et le phosphore, c'est-à-dire que les deux combinaisons cristallisées du soufre et de l'arsenic, le réalgar et l'orpiment dissolvent l'arsenic et le soufre précisément comme le phosphure de soufre, le soufre et le phosphore, et comme l'eau dissout les sels; mais que nous ne pouvons pas séparer par la cristallisation le soufre dissous dans le sulfure d'arsenic, parce que nous ne pouvons pas laisser refroidir le sulfure d'arsenic assez lentement et le tenir

(1) Le carbure de soufre dissout aussi une grande quantité de phosphore; mais je n'ai pas pu obtenir des cristaux bien prononcés, ni en laissant refroidir la dissolution ni en la laissant évaporer lentement.

assez long-temps à une température égale, à laquelle il soit encore liquide; et voilà comment on peut expliquer l'observation que l'arsenic et le soufre se combinent dans toute proportion possible.

Je n'ajouterai aujourd'hui aucune réflexion sur ce fait, qui se rapporte immédiatement à une recherche de M. Berzélius sur le fer sulfuré ordinaire et sur le fer sulfuré blanc. Les minéralogistes ont désigné sous ces deux noms le bi-sulfure de fer, qui affecte comme le soufre lui-même deux formes cristallines différentes. Nous observons ce même phénomène dans l'arragonite et le carbonate de chaux, et j'espère que l'explication que j'ai donnée dans mon second Mémoire méritera plus de confiance maintenant que l'on est en état de se convaincre si facilement, par la cristallisation du soufre, de la vérité du fait même.

PRÉPARATION *de l'acide hydro-sulfurique et des hydro-sulfates alcalins.*

Par Mr P. Berthier, Ingénieur des Mines.

Il n'y a pas d'autre moyen de préparer d'une manière simple et économique l'acide hydro-sulfurique que de traiter par les acides non-oxigénans les sulfures métalliques sur lesquels ils agissent. Les seuls sulfures dont on se soit servi jusqu'à présent sont le sulfure d'antimoine et le proto-sulfure de fer. Le sulfure d'antimoine donne de l'acide hydro-sulfurique très-pur; mais il a

l'inconvénient de ne pouvoir être décomposé que par l'acide muriatique très-concentré, employé à la température de l'ébullition. Le proto-sulfure de fer obtenu par la voie sèche est attaqué par l'acide muriatique et par l'acide sulfurique de force moyenne; mais l'action de ces acides est lente, lors même qu'on la favorise par la chaleur et qu'on réduit le sulfure en poudre très-fine. M. Gay-Lussac a substitué à ce sulfure un composé qu'il prépare avec de la limaille de fer, du soufre et de l'eau, et qui paraît être un hydro-sulfate (*Ann. de Chimie*, t. 7, p. 314) : l'acide sulfurique délayé de quatre fois son volume d'eau dégage l'acide hydro-sulfurique de ce composé avec une grande facilité. Ce moyen est très-bon et ne laisserait rien à desirer s'il était possible de se procurer aisément de la limaille de fer pure et très-fine; mais celle que l'on trouve dans le commerce étant presque toujours ou rouillée ou très-grosse, il en résulte, dans le premier cas, que l'oxide de fer empêche, par son interposition, une partie du fer de se combiner avec le soufre; dans le second cas que les grains de limaille ne sont pas attaqués par le soufre jusqu'à leur centre, et dans l'un et l'autre cas, que la matière donne de l'acide hydro-sulfurique très-mélangé de gaz hydrogène, en consommant une grande quantité d'acide sulfurique.

Je vais indiquer plusieurs sulfures dont l'emploi ne présente aucun des inconvéniens que je viens de signaler, qui donnent de l'acide hydro-sulfurique très-facilement et dont quelques-uns pourraient même servir à préparer cet acide en grand avec beaucoup d'économie s'il devenait de quelqu'utilité dans les arts.

Sulfure de fer et de sodium.

En chauffant des pyrites de fer ordinaire réduites en poudre avec environ la moitié de leur poids de carbonate de soude desséché, on obtient un sulfure double de fer et de sodium qui entre en pleine fusion à la chaleur rouge. On peut couler ce sulfure sur une pierre ou sur une plaque de fonte froide, et il n'en reste qu'une très-petite quantité adhérente au creuset, qui peut ainsi servir à plusieurs opérations. La matière est homogène, à cassure lamelleuse et d'un jaune de bronze foncé. Elle absorbe beaucoup d'eau, et elle forme promptement avec ce liquide une pâte noire qui paraît d'un vert bouteille foncé sur les bords. En versant de l'acide sulfurique ou de l'acide muriatique sur cette pâte, il s'en dégage sur-le-champ une très-grande quantité d'acide hydro-sulfurique, qui provient du sulfure de sodium et d'une partie du sulfure de fer, et il reste une autre portion de ce dernier, qui se dissout également dans l'acide sulfurique, et mieux encore dans l'acide muriatique avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré, mais seulement à l'aide de la chaleur.

Sulfure de manganèse.

Le sulfure de manganèse se dissout très-rapidement dans l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, surtout lorsque l'on favorise l'action de cet acide par une légère chaleur. L'acide hydro-sulfurique qui se dégage est très-pur : 100 parties de sulfure en produisent 38 $\frac{1}{2}$ parties. Le résidu de l'opération est du sulfate de manganèse, que l'on

ramène aisément à l'état de sulfure ; en sorte que par ce procédé on ne consomme réellement que de l'acide sulfurique qui se trouve transformé en gaz hydrogène sulfuré. Pour réduire le sulfate en sulfure, il ne s'agit que de broyer le sel, de le mêler avec environ le sixième de son poids de poussier de charbon et de chauffer le mélange dans des creusets bouchés jusqu'à la chaleur blanche naissante. A cette température le sulfure reste pulvérulent, et il ne s'attache pas du tout aux creusets. Quant au sulfate de manganèse, on se le procure en traitant le protoxide de manganèse par l'acide sulfurique, et l'on obtient sans difficulté ce protoxide en chauffant du peroxide de manganèse natif, par exemple, celui de Cretnich près Saarbruck, qui est fort pur, soit avec du charbon, soit avec du soufre. Lorsqu'on emploie du charbon, on mêle le minerai de manganèse broyé et tamisé avec 8 ou 10 pour $\frac{0}{0}$ de ce combustible ; on place le mélange, sans le tasser, dans un creuset, et on chauffe graduellement jusqu'à la chaleur blanche : il est essentiel de ne pas brusquer la chaleur, parce que le gaz acide carbonique se dégage avec une si grande rapidité dans le commencement de l'opération, que si l'on ne prenait pas des précautions, une partie de la matière pourrait être projetée hors du creuset.

Le soufre ramène le peroxide de manganèse au premier degré d'oxidation, à une température peu élevée et inférieure à celle qui est nécessaire pour volatiliser ce combustible : aussi cette réduction peut-elle s'opérer sans difficulté dans des cornues de verre, lorsqu'on n'agit pas sur une trop grande quantité de matière ; ce qui permet de recueillir et d'utiliser le gaz

acide sulfureux qui se dégage. A 100 parties de peroxide de manganèse on ajoute 12 à 14 parties de fleurs de soufre. Le résidu est vert-grisâtre : il contient toujours une certaine quantité de sulfate de manganèse, mais cette quantité s'élève rarement au vingtième de son poids. Lorsque la chaleur n'a pas été soutenue pendant un temps suffisant, il y reste aussi un peu de soufre, et alors lorsqu'on le chauffe avec le contact de l'air, il donne l'odeur d'acide sulfureux : c'est probablement cette circonstance qui a induit Bergmann en erreur et qui lui à fait prendre ce résidu pour un sulfure d'oxide de manganèse ; mais il est certain que ce sulfure n'existe pas. Ce moyen de préparer le protoxide de manganèse n'est pas économique ; mais on peut l'employer avec avantage lorsque l'on a besoin d'acide sulfureux très-pur.

Sulfure de barium.

C'est presque toujours en traitant le sulfure de barium par les acides que l'on se procure les différens sels de baryte dont on fait usage dans les laboratoires. Les acides donnent très-promptement du gaz hydrogène sulfuré avec ce sulfure, même à froid. On pourrait donc s'en servir avec avantage pour préparer ce gaz : cependant, comme il n'en produit que le cinquième de son poids, il ne doit être préféré aux autres sulfures que lorsqu'on veut préparer en même temps des sels de baryte.

Sulfure de calcium.

Mais de tous les sulfures, celui qui est le plus propre à servir à la préparation de l'acide hydro-sulfurique, est le sulfure de calcium. Voici pourquoi : d'abord, comme

il contient beaucoup de soufre, il produit une grande quantité d'acide hydro-sulfurique: 100 parties de sulfure pur donnent 46,8 de cet acide : en second lieu, il se dissout si facilement et si rapidement dans l'acide muriatique, qu'on peut en quelques instans, même sans avoir recours à la chaleur, obtenir un volume très-considérable de gaz. Le muriate de chaux, qui résulte du traitement du sulfure de calcium par l'acide muriatique, étant extrêmement soluble, reste à l'état liquide, lors même que l'on emploie de l'acide très-concentré; il s'ensuit que les particules du sulfure, toujours en contact immédiat avec l'acide, s'y dissolvent sans difficulté, et que le vase dans lequel se fait l'opération n'est point exposé à se casser, ainsi que cela arrive fréquemment lorsqu'on emploie un sulfure qui forme avec l'acide un sel insoluble ou peu soluble, et que l'on chauffe pour accélérer l'action. Enfin on peut se procurer presque partout, et à très-peu de frais, le sulfure de calcium en grande quantité, puisqu'il est peu d'endroits où l'on ne puisse avoir du plâtre à un prix très-bas, si l'on compare ce prix à celui des autres sulfates, et que le sulfate de chaux est réduit par le charbon en sulfure de calcium à une température qui n'est pas plus élevée que la chaleur blanche. La seule condition essentielle pour que cette réduction ait lieu complètement est d'amener le sulfate à l'état de poudre presqu'impalpable. Pour l'usage des laboratoires, on le pulvérise et on le passe à travers un tamis de soie; mais, si l'on voulait opérer sur de grandes masses, il serait plus économique de le broyer sous des meules et de le bluter. Lorsqu'on se sert de sulfate de chaux ordinaire, contenant toute son

eau de cristallisation, il faut le mêler avec environ 0,15 de charbon sec en poudre; mais quand on emploie du sulfate de chaux anhydre ou du plâtre cuit, la proportion de charbon doit être de 0,20 à-peu-près; on met le mélange dans des creusets et l'on chauffe ceux-ci dans un fourneau à vent pendant une heure ou deux. On peut aussi les placer dans un four à faïence ou dans un four à porcelaine : à la température de ces fourneaux la matière reste pulvérulente et n'attaque aucunement les creusets, qui peuvent servir indéfiniment. Si l'on voulait préparer du sulfure de calcium en grand, on pourrait, pour se dispenser d'employer des creusets, mêler ensemble du sulfate de chaux ordinaire, du charbon et une quantité suffisante de plâtre cuit, gâché, pour donner au tout de la consistance, mouler grossièrement le mélange en briques, et faire cuire ces briques de la même manière que des briques d'argile.

Hydro-sulfates.

On se sert comme réactifs des hydro-sulfates d'ammoniaque, de potasse et de soude. On les emploie principalement pour séparer l'alumine et les oxides métalliques, qu'ils précipitent de leurs dissolutions, de la chaux et de la magnésie, qu'ils ne précipitent pas. On les prépare ordinairement en faisant passer un courant de gaz acide hydro-sulfurique à travers une dissolution alcaline bien purgée d'acide carbonique. L'hydro-sulfate d'ammoniaque n'a besoin que d'être à moitié saturé d'acide hydro-sulfurique, parce que le sous-hydro-sulfate d'ammoniaque, qui correspond au sous-carbonate, ne précipite par la magnésie; mais il en est autrement des

hydro-sulfates de potasse et de soude : ces hydro-sulfates ne cessent de précipiter la chaux et la magnésie que quand ils sont amenés à un degré de saturation tel qu'ils correspondent aux carbonates neutres, ordinairement appelés bi-carbonates. En outre il faut qu'ils ne contiennent pas la plus petite quantité de carbonate, et c'est là ce qui rend leur préparation difficile. Pour éviter le mélange des carbonates alcalins, on recommande d'employer de la potasse ou de la soude à l'alcool faite avec le plus grand soin; mais il y a un moyen simple de remplacer l'acide carbonique que peut contenir un hydro-sulfate mal préparé par l'acide hydro-sulfurique, et l'on peut se dispenser, en employant ce moyen, de se servir d'alcalis à l'alcool et leur substituer des alcalis à la chaux, qui coûtent beaucoup moins cher. Il consiste à verser goutte à goutte dans l'hydro-sulfate une dissolution concentrée d'hydro-sulfate de baryte, jusqu'à ce qu'il ne s'y fasse plus de précipité. En opérant avec précaution, il est facile de purifier exactement ainsi l'hydro-sulfate sans y introduire un excès de sel de baryte.

En précipitant une dissolution de sulfure de barium dans l'eau par un carbonate ou par un sulfate alcalin, on pourrait obtenir des sous-hydro-sulfates alcalins purs et employer immédiatement celui d'ammoniaque comme réactif; mais pour se servir des hydro-sulfates de potasse ou de soude, il faudrait y introduire une fois autant d'acide hydro-sulfurique qu'ils en contiennent. Il y a deux manières d'opérer cette saturation : elles consistent, la première, à faire passer un courant d'acide hydro-sulfurique dans la dissolution, et la seconde, à ajouter à l'hydro-sulfate une quantité d'un acide quelconque

suffisante pour neutraliser la moitié de l'alcali qu'il renferme : l'hydro-sulfate se trouve alors mêlé d'un autre sel ; mais il y a un grand nombre de cas dans lesquels ce mélange ne gêne en rien, surtout lorsqu'on a employé un acide qui ne donne de sel insoluble avec aucune base, par exemple, l'acide nitrique faible ou l'acide acétique.

Enfin, voici encore un procédé par lequel on peut préparer un hydro-sulfate de potasse ou de soude saturé et pur sans employer d'alcali caustique. Je me suis plusieurs fois servi de ce procédé avec succès au laboratoire de l'Ecole des Mines. On fait chauffer, à la chaleur blanche, un mélange de :

100 de sulfate de potasse,
100 de sulfate de baryte,
50 de charbon en poudre,

ou de :

80 sulfate de soude anhydre,
100 sulfate de baryte,
50 charbon en poudre.

On obtient des sulfures doubles qui contiennent un atome de chacun des sulfures composans. Ces sulfures doubles sont grisâtres, à demi fondus, et ils se détachent très-aisément du creuset. On les pulvérise et on les introduit peu à peu dans un flacon aux trois quarts plein d'eau tiède, que l'on bouche et que l'on agite fréquemment. Lorsque l'eau est saturée, elle tient en dissolution un atome de sous-hydro-sulfate alcalin et un atome de sous-hydro-sulfate de baryte. Il est évident que, si l'on en précipite la baryte par l'acide sulfurique, tout

l'acide hydrosulfurique qui était combiné avec celle-ci se portera sur l'alcali et l'amènera à l'état d'hydrosulfate neutre. Pour faire cette précipitation, on verse dans le flacon de l'acide sulfurique affaibli, par petites doses, en l'agitant à chaque fois et en le tenant toujours bien bouché. Lorsque toute la baryte est précipitée, on laisse la liqueur s'éclaircir et on la décante ; puis on essaie si elle précipite les sels de chaux et de magnésie : si cela arrivait, soit parce qu'on aurait employé trop peu de sulfure de barium, soit parce que l'on aurait perdu une certaine quantité d'acide hydrosulfurique en versant l'acide sulfurique trop rapidement dans la liqueur, il faudrait ajouter à l'hydrosulfate une nouvelle dose de sulfure de barium et précipiter la baryte, etc. Avec un peu de soin on parvient à obtenir un hydrosulfate qui ne contient ni baryte ni acide sulfurique; mais il vaut mieux y laisser une trace de cet acide pour être assuré qu'il ne renferme pas de baryte.

De *l'Action de la Lune sur l'atmosphère.*

PAR M. DE LAPLACE.

J'AI donné, dans le quatrième livre de la Mécanique céleste, la théorie des oscillations de l'atmosphère produites par les actions du Soleil et de la Lune, et j'ai provoqué sur cet objet l'attention des observateurs. Elles sont les plus grandes à l'équateur, et c'est là où il semble le plus convenable de les observer. Cependant

comme les circonstances accessoires augmentent considérablement les hauteurs des marées dans nos ports, il est possible qu'elles produisent un effet semblable sur les oscillations de l'atmosphère, et il est intéressant de s'en assurer par les observations.

Le flux atmosphérique est produit par les trois causes suivantes : la première est l'action directe du Soleil et de la Lune sur l'atmosphère; la seconde est l'élévation et l'abaissement périodique de l'Océan, base mobile de l'atmosphère; la troisième enfin est l'attraction de ce fluide par la mer, dont la figure varie périodiquement. Ces trois causes dérivant des mêmes forces attractives du Soleil et de la Lune, elles ont, ainsi que leurs effets, les mêmes périodes que ces forces, conformément au principe sur lequel j'ai fondé ma théorie des marées. Le flux atmosphérique est donc soumis aux mêmes lois que le flux de l'Océan : il est, comme lui, la combinaison de deux flux partiels produits, l'un par l'action du Soleil, l'autre par l'action de la Lune. La période du flux atmosphérique solaire est d'un demi-jour solaire, et celle du flux lunaire est d'un demi-jour lunaire. L'action de la Lune sur la mer, à Brest, étant triple de celle du Soleil, le flux lunaire atmosphérique est au moins double du flux solaire. Ces considérations doivent nous guider dans le choix des observations propres à déterminer d'aussi petites quantités, et dans la manière de les combiner pour se soustraire, le plus qu'il est possible, à l'influence des causes qui produisent les grandes variations du baromètre.

Depuis plusieurs années, on observe, chaque jour, à l'Observatoire royal, les hauteurs du baromètre et du

thermomètre, à neuf heures du matin, à midi, à trois heures après midi et à neuf heures du soir. Ces observations, faites avec les mêmes instrumens et presque toutes par le même observateur, sont, par leur précision et par leur grand nombre, propres à indiquer le flux atmosphérique, s'il est sensible. On voit avec évidence la variation diurne du baromètre, dans les résultats de ces observations : un seul mois suffit pour la manifester. L'excès de la plus grande hauteur du baromètre observée, qui répond à neuf heures du matin, sur la plus petite, qui répond à trois heures du soir, est à Paris de huit dixièmes de millimètre, par le résultat moyen des observations faites chaque jour, pendant six années consécutives.

La hauteur du baromètre due au flux solaire redevenant chaque jour la même à la même heure, ce flux se confond avec la variation diurne qu'il modifie, et il n'en peut être distingué par les observations faites à l'Observatoire royal. Il n'en est pas ainsi des hauteurs barométriques dues au flux lunaire, et qui, se réglant sur les heures lunaires, ne redeviennent les mêmes, aux mêmes heures solaires, qu'après un demi-mois d'intervalle. Les observations dont je viens de parler, comparées de demi-mois en demi-mois, sont disposées de la manière la plus favorable pour indiquer le flux lunaire. Si, par exemple, le *maximum* de ce flux arrive à neuf heures du matin, le jour de la sysygie, son *minimum* arrivera vers trois heures du soir. Le contraire aura lieu le jour de la quadrature. Ce flux augmentera donc la variation diurne du premier de ces jours; il diminuera la variation diurne du second; et la différence de ces

variations sera le double de la grandeur du flux lunaire atmosphérique. Mais le *maximum* de ce flux n'arrivant pas à neuf heures du matin dans la sysygie : il faut, pour déterminer sa grandeur et l'heure de son arrivée, employer les observations barométriques de neuf heures du matin, de midi et de trois heures du soir, faites chaque jour, soit de la sysygie, soit de la quadrature. On peut également faire usage des observations de jours qui précèdent ou qui suivent ces phases, du même nombre de jours, et faire concourir à la détermination d'élémens aussi délicats toutes les observations de l'année.

On doit faire ici une remarque importante sans laquelle il serait impossible de reconnaître une aussi petite quantité que le flux lunaire au milieu des grandes variations du baromètre. Plus les observations sont rapprochées, moins l'effet de ces variations est sensible : il est presque nul sur un résultat conclu d'observations faites le même jour, et dans le court intervalle de six heures. Le baromètre varie presque toujours avec assez de lenteur pour ne pas troubler sensiblement l'effet des causes régulières. Voilà pourquoi le résultat moyen des variations diurnes de chaque année est toujours le même à fort peu près, quoiqu'il y ait des différences de plusieurs millimètres dans les hauteurs moyennes absolues barométriques des diverses années; en sorte que si l'on comparait la hauteur moyenne de neuf heures du matin, d'une année, à la hauteur moyenne de trois heures du soir, d'une autre année, on aurait une variation diurne souvent très-fautive, quelquefois même d'un signe contraire à la véritable. Il importe donc, pour dé-

terminer de très-petites quantités, de les déduire d'observations faites le même jour, et de prendre une moyenne entre un grand nombre de valeurs ainsi obtenues. On ne peut conséquemment déterminer le flux lunaire que par un système d'observations faites, chaque jour, au moins à trois heures différentes, conformément au système suivi à l'Observatoire.

M. Bouvard a bien voulu relever sur ses registres les observations barométriques du jour même de chaque sysygie et de chaque quadrature, du jour qui précède ces phases, et des premier et second jours qui les suivent. Elles embassent les huit années écoulées depuis le 1er octobre 1815 jusqu'au 1er octobre 1823. J'ai employé les observations de neuf heures du matin, de midi et de trois heures du soir : je n'ai point considéré les observations de neuf heures du soir, pour diminuer le plus qu'il est possible l'intervalle des observations. D'ailleurs, celles des trois premières heures ont été faites plus exactement aux heures indiquées que celles de neuf heures du soir; et le baromètre étant éclairé par la lumière du jour, dans ces premières heures, la différence qui peut venir de la manière diverse dont les instrumens sont éclairés, disparaît. En comparant à mes formules les résultats de ces nombreuses observations qui correspondent à 1584 jours, je trouve un dix-huitième de millimètre pour la grandeur du flux lunaire atmosphérique, et trois heures et un tiers pour l'heure de son maximum du soir, le jour de la sysygie.

C'est ici surtout que se fait sentir la nécessité d'employer un très-grand nombre d'observations, de les combiner de la manière la plus avantageuse, et d'avoir une

méthode pour déterminer la probabilité que l'erreur des résultats obtenus est renfermée dans d'étroites limites, méthode sans laquelle on est exposé à présenter comme lois de la nature les effets des causes irrégulières; ce qui est arrivé souvent en météorologie. J'ai donné cette méthode dans ma Théorie analytique des Probalités. En l'appliquant aux observations, j'ai déterminé la loi des anomalies de la variation diurne du baromètre, et j'ai reconnu que l'on ne peut pas sans quelque invraisemblance attribuer les résultats précédens à ces anomalies seules; il est probable que le flux lunaire atmosphérique diminue la variation diurne dans les sysygies, et qu'il l'augmente dans les quadratures, mais dans des limites telles que ce flux ne fait pas varier la hauteur du baromètre d'un dix-huitième de millimètre en plus ou en moins; ce qui montre combien peu l'action de la Lune sur l'atmosphère est sensible à Paris. Quoique ces résultats aient été conclus de 4752 observations, la méthode dont je viens de parler fait voir que pour leur donner une probabilité suffisante et pour obtenir avec exactitude un aussi petit élément que le flux lunaire atmosphérique, il faut employer au moins quarante mille observations. L'un des principaux avantages de cette méthode est de faire connaître jusqu'à quel point on doit multiplier les observations pour qu'il ne reste aucun doute raisonnable sur leurs résultats.

Quelle est sur le flux lunaire l'influence respective des trois causes du flux atmosphérique que j'ai citées? Il est difficile de répondre à cette question. Cependant le peu de densité de la mer par rapport à la moyenne densité de la terre ne permet pas d'attribuer un effet sensible au chan-

gement périodique de sa figure. Sans les circonstances accessoires, l'effet direct de l'action de la Lune serait insensible sous nos latitudes. Ces circonstances ont, il est vrai, une grande influence sur la hauteur des marées dans nos ports; mais le fluide atmosphérique étant répandu autour de la terre beaucoup moins irrégulièrement que la mer, leur influence sur le flux atmosphérique doit être beaucoup moindre que sur le flux de l'Océan. Ces considérations me portent à regarder comme cause principale du flux lunaire atmosphérique, dans nos climats, l'élévation et l'abaissement périodiques de la mer. Des observations barométriques faites chaque jour, dans les ports où la marée s'élève à une grande hauteur, éclairciraient ce point curieux de météorologie.

Les observations dont j'ai fait usage, correspondant à toutes les saisons, les flux lunaires partiels qui dépendent des déclinaisons de la Lune et de sa parallaxe disparaissent dans l'ensemble de ces observations. Le flux lunaire atmosphérique peut alors s'exprimer, comme celui de la mer, par la formule

$$R.\cos.\left\{2nt+2\pi-2mt-2(m't-mt)-2\lambda\right\},$$

R et λ' étant des constantes indéterminées, mt est le moyen mouvement du Soleil pendant le temps t; $m't$ est celui de la Lune; nt est la rotation de la Terre; π est la longitude du lieu : tous ces angles sont comptés de l'équinoxe du printemps. $nt+\pi-mt$ est l'angle horaire du Soleil, que nous ferons partir de midi. Cet angle réduit en temps, à raison de la circonférence entière pour un jour, sera le temps compté depuis midi ; λ' sera

ainsi l'heure du *maximum* du flux atmosphérique du soir : R dépend de l'action de la Lune sur l'atmosphère, soit directe, soit transmise par la mer.

Si l'on suppose que la sysygie arrive à midi, ce que l'on peut admettre ici, sans erreur sensible, comme le résultat moyen des heures de toutes les sysygies considérées, la formule précédente donne R. cos. $2\lambda'$ pour la hauteur du flux au midi du jour de la sysygie. En désignant par q le mouvement synodique de la Lune dans un jour, la hauteur du flux à neuf heures du matin du jour de la sysygie sera $-$ R. sin. $\left(2\lambda'-\frac{q}{4}\right)$; à trois heures du soir, elle sera $+$ R. sin. $\left(2\lambda'+\frac{q}{4}\right)$. Soient donc A, A′, A″, les hauteurs observées du baromètre, le jour de la sysygie, à neuf heures du matin, à midi, et à trois heures du soir, on aura :

$$C - R.\sin.\left(2\lambda'-\frac{q}{4}\right) = A;$$
$$C' + R.\cos.\ 2\lambda' = A';$$
$$C'' + R.\sin.\left(2\lambda'+\frac{q}{4}\right) = A'',$$

C, C′, C″ étant les hauteurs du baromètre, qui auraient lieu sans l'action de la Lune. Ces équations subsistent également pour le jour de la quadrature, pourvu que l'on y change R en $-$R ; et A, A′, A″, dans B, B′, B″, ces trois dernières lettres exprimant respectivement les hauteurs du baromètre, observées, le jour de la quadrature, à neuf heures du matin, à midi et à trois heures du soir.

Ces six équations donnent les deux suivantes :

$$4R \,.\, \cos.\, \frac{q}{4} \sin.\, 2\lambda' = A'' - A + B - B'';$$

$$4R \,.\left(1 - \sin.\frac{q}{4}\right).\cos.\, 2\lambda' = 2A' - (A + A'') - 2B' + (B + B'').$$

Ces deux équations sont indépendantes des hauteurs absolues du baromètre : elles n'emploient que les différences $A - A'$, $A - A''$, $A' - A''$ du jour de la sysygie, et les différences correspondantes du jour de la quadrature.

Le jour $i^{\text{ème}}$, après chaque sysygie et après chaque quadrature, donne les deux équations suivantes :

$$4R \,.\, \cos.\, \frac{q}{4} \,.\, \sin.\, (2\lambda' + 2iq) = A''_i - A_i + B_i - B''_i$$

$$4R.\left(1 - \sin.\frac{q}{4}\right).\cos.(2\lambda' + 2iq) = 2A'_i - (A_i + A''_i) - 2B'_i + (B_i + B''_i).$$

A_i, A'_i, etc., B_i, B'_i, etc. sont les valeurs de A, A', etc., B, B', etc., relatives à ce $i^{\text{ème}}$ jour. i est négatif pour les jours qui précèdent la sysygie ou la quadrature.

On peut conclure des observations de chaque jour les valeurs de R et de λ' ; mais il y a des jours plus propres à déterminer l'une de ces inconnues. La méthode que j'ai désignée sous le nom de *méthode la plus avantageuse* combine toutes les équations de manière à donner les valeurs les plus probables des inconnues. Les équations de jour $i^{\text{ème}}$ donnent, en faisant,

$$4R.\sin.\, 2\lambda' = x\,;\ 4R.\cos.\, 2\lambda' = y,$$

les suivantes,

$$x.\cos.\frac{q}{4}.\cos.\, 2iq + y.\cos.\frac{q}{4}.\sin.\, 2iq = A''_i - A_i + B_i - B''_i;$$

$$y.\left(1 - \sin.\frac{q}{4}\right).\cos.\, 2iq - x.\left(1 - \sin.\frac{q}{4}\right).\sin.\, 2iq.$$

$$= 2A'_i - (A_i + A''_i) - 2B'_i + (B_i + B''_i).$$

Sin. $\frac{q}{4}$ est une quantité très-petite, et à fort peu près égale à $\frac{1}{19}$. Si l'on néglige son carré et si l'on nomme F_i, la quantité

$$2A'_i-(A_i+A''_i)-2B'_i+(B_i+B''_i),$$

augmentée de sa dix-neuvième partie ; si l'on nomme pareillement E_i la quantité

$$A''_i-A_i+B_i-B''_i;$$

les deux équations précédentes deviendront :

$$x \,.\, \cos.\, 2iq+y \,.\, \sin.\, 2iq=E_i$$
$$y \,.\, \cos.\, 2iq-x \,.\, \sin.\, 2iq=F_i.$$

En faisant i successivement égal à -1, 0, $+1$, $+2$, on aura huit équations, qui, résolues par le procédé de la méthode la plus avantageuse, détermineront x et y; mais cette méthode exige que l'on connaisse la loi des écarts des hauteurs du baromètre, de leur hauteur moyenne, dus aux causes irrégulières, pour les diverses heures du jour; ce que nous ignorons. Dans cet état d'incertitude, nous supposerons cette loi la même pour les heures diverses, l'inexactitude de cette supposition n'ayant que peu d'influence sur les résultats cherchés. Alors, pour former les deux équations finales qui doivent donner x et y, il faut, suivant le procédé que j'ai donné dans le troisième supplément à ma *Théorie analytique des Probabilités*, multiplier chacune des quatre équations relatives à la lettre E par trois, et par son coefficient de x; il faut multiplier chacune des équations relatives à la lettre F par son coefficient de y; enfin, il faut ajouter tous ces produits ; ce qui donne :

$$x.[8+\Sigma.\cos.\,4iq]+y.\Sigma.\sin.\,4iq=3.\Sigma.E_i\cos.\,2iq-\Sigma.F_i.\sin.\,2iq;$$

le signe Σ exprimant la somme de toutes les quantités qu'il affecte, et que l'on obtient en faisant successivement $i=-1$, $i=0$, $i=1$, $i=2$. En opérant de la même manière sur le coefficient de y, on aura la seconde équation finale :

$$y.[8-\Sigma.\cos.4iq]+x.\Sigma.\sin.4iq=3\Sigma.E_i.\sin.2iq+\Sigma.F_i\cos.2iq.$$

Toutes les sysygies et toutes les quadratures, depuis le 1[er] octobre 1815 jusqu'au 1[er] octobre 1823, ont donné, en réduisant la colonne de mercure du baromètre à zéro de température :

$$A_{-1}=755^{m},925;\ A'_{-1}=755,712;\ A''_{-1}=755,175.$$
$$B_{-1}=756,315;\ B'_{-1}=756,034;\ B''_{-1}=755,549.$$
$$A\ =756,195;\ A'\ =755,788;\ A''\ =755,270.$$
$$B\ =756,072;\ B'\ =755,692;\ B''\ =755,041.$$
$$A_1=755,704;\ A'_1=755,416;\ A''_1=755,010.$$
$$B_1=755,296;\ B'_1=755,015;\ B''_1=754,386.$$
$$A_2=755,631;\ A'_2=755,407;\ A_2''=754,955.$$
$$B_2=755,575;\ B'_2=755,322;\ B_2''=754,891.$$

De là on conclut :

$$E_{-1}=+0^{m},016;\ E_0=+0,105;\ E_1=+0,216;\ E_2=+0,008.$$
$$F_{-1}=+0,126;\ F_0=-0,168;\ F_1=-0,242;\ F_2=+0,053.$$

On a ainsi les deux équations finales

$$10,18716.x+0,99136.y=1,076815;$$
$$4,51927.y+0,99136.x=-0,027033;$$

d'où l'on tire :

$$x=0,10742,\qquad y=-0,017591.$$

L'étendue $2R$ du flux lunaire est égale à $\frac{1}{2}.\sqrt{x^2+y^2}$; elle est donc $0^{m},05443$.

On a :

$$\text{tang. } 2\lambda = \frac{x}{y};$$

ce qui donne :

$$\lambda = 49^\circ,39'.$$

Cette valeur, réduite en temps, donne, pour l'heure du plus haut flux lunaire du jour de la sysygie, $3^h 18' 36''$.

Déterminons présentement la probabilité avec laquelle les observations précédentes indiquent un flux lunaire. Il résulte, de ce que j'ai fait voir dans ma *Théorie analytique des Probabilités,* que si l'on prend un très-grand nombre n de valeurs de la variation diurne du baromètre ; que l'on divise leur somme par n pour avoir la valeur moyenne, et que l'on nomme e la somme des carrés des différences de cette valeur moyenne à chacune de ces valeurs ; si l'on nomme ensuite u l'erreur moyenne d'un grand nombre s de valeurs de la variation diurne, la probabilité de u sera proportionnelle à

$$c^{-s.\frac{n}{2e}.u^2},$$

c étant le nombre dont le logarithme hyperbolique est l'unité. Le nombre de variations diurnes comprises dans les observations précédentes est 1584, et l'on a trouvé, relativement à ces observations,

$$e = 5473,98;$$

le millimètre étant ici pris pour unité ; ce qui donne $\frac{n}{2e} = 0,144685$. En supposant que s exprime le nombre des variations diurnes observées vers les sysygies,

on aura $s = 792$, et la probabilité de l'erreur moyenne u sera proportionnelle à

$$c^{-114,59 . u^2}$$

La probabilité de l'erreur moyenne u' des 792 variations diurnes vers les quadratures sera pareillement proportionnelle à

$$c^{-114,59 . u'^2};$$

en nommant donc z l'excès de u' sur u, on trouvera, par la méthode de l'ouvrage cité, la probabilité de z proportionnelle à

$$c^{-114,59 . \frac{z^2}{2}}.$$

Les observations précédentes donnent, pour z:

$$\frac{1}{4} \cdot \left\{ \begin{array}{c} B_{-1} - B''_{-1} + B - B'' + B_2 - B''_1 + B_2 - B''_2 \\ + A''_{-1} - A_{-1} + A'' - A + A''_1 - A_1 + A''_2 - A_2 \end{array} \right\};$$

d'où l'on tire:

$$z = 0,0865.$$

La probabilité que les seules anomalies du hasard donnent une valeur de z plus petite est donc:

$$\frac{\int dz . c^{-\frac{114,59}{2} . z^2}}{\int dz . c^{-\frac{114,57}{2} . z^2}}; \qquad (a)$$

l'intégrale du numérateur étant prise depuis $z = -\infty$ jusqu'à $z = 0,0865$, et celle du dénominateur étant prise depuis $z = -\infty$ jusqu'à $z = \infty$. Si l'on fait:

$$t = z \cdot \sqrt{\frac{114,59}{2}},$$

cette fraction devient :

$$1 - \frac{\int dt . c^{-t^2}}{\sqrt{\pi}},$$

l'intégrale du numérateur étant prise depuis

$$t = 0,0865 \cdot \sqrt{\frac{114,59}{2}}$$

jusqu'à t infini, et π exprimant le rapport de la circonférence au diamètre : la probabilité que l'événement n'aurait pas lieu s'il était dû aux seules anomalies du hasard, serait ainsi 0,843. Il y a donc quelque invraisemblance à leur attribuer cet événement; mais elle est si petite, que, pour affirmer quelque chose à cet égard, il est nécessaire de multiplier les observations. En nommant q le rapport des observations, au nombre 4754 d'observations que nous avons employées, il faudra multiplier les exposans de c, dans la formule (a), par q, et alors cette formule donne une fraction plus grande que 0.99 pour la probabilité que la valeur de z serait, par les seules anomalies du hasard, au-dessous de la valeur donnée par le résultat de quarante mille observations, si ce résultat était égal ou supérieur à 0,0865. On aurait alors une probabilité suffisante que ce résultat indique le flux lunaire atmosphérique.

Il résulte de la loi de la variation diurne du baromètre pour un nombre s de jours, donnée ci-dessus, qu'il y a une probabilité égale à $\frac{1}{2}$ ou de un contre un, que

la variation diurne de 9 heures à 3 heures du soir sera constamment positive par le résultat moyen de chaque mois de 30 jours, pendant 75 mois consécutifs. J'ai prié M. Bouvard d'examiner si cela est arrivé pour chacun des 72 mois des six années écoulées depuis le 1er janvier 1817 jusqu'au 1er janvier 1823, et d'où il a conclu la variation diurne moyenne égale à 0$^{mil.}$,801. Il a trouvé le résultat le plus probable, savoir, que la variation moyenne de chaque mois a toujours été positive.

MÉMOIRE

Sur l'Argent et le Mercure fulminans.

Par le Dr Just. Liebig.

L'argent fulminant et le mercure fulminant sont deux corps qu'on doit compter parmi les plus remarquables de tous ceux que la chimie nous apprend à connaître; mais autant les propriétés physiques du premier nous sont connues, autant sa composition chimique nous est restée jusqu'à présent ignorée; cependant l'analyse de ces corps, redoutable par les dangers qu'on court dans leur maniement, ne présente pas d'ailleurs de grandes difficultés. Ayant eu occasion de faire des recherches sur ces corps singuliers, j'ai obtenu des résultats très-importans que je crois devoir faire connaître.

J'avais donné, il y a quelque temps, dans un journal allemand, une méthode pour se procurer sûrement l'argent fulminant, et j'en avais décrit quelques-unes des

propriétés les plus remarquables, principalement celle de se combiner avec la chaux et la potasse ; ce qui avait fait penser à M. le professeur Kastner que ce corps pourrait bien être un acide particulier. Cette opinion a été mise hors de doute par les expériences que j'ai eu occasion de continuer dernièrement à Paris, et c'est leur développement, ainsi que la détermination exacte des parties constituantes des deux composés fulminans, qui font le sujet de ce Mémoire.

Dans le Mémoire allemand que je viens de citer, je donnai comme parties constituantes de l'argent fulminant, l'oxide d'argent, l'ammoniaque et l'acide oxalique ; mais je n'ai aucune difficulté à avouer maintenant que mes dernières expériences sont complètement en contradiction avec cette supposition. J'observai alors que, si on emploie une forte chaleur lorsqu'on dissout l'argent dans l'acide nitrique concentré, il se produit toujours de l'ammoniaque, que l'examen du liquide restant après la préparation de l'argent fulminant, dans lequel je n'en retrouvai point, me fit prendre pour une partie constituante de ce corps : de plus, si on fait bouillir celui-ci avec une dissolution de potasse et qu'on expose à la vapeur un papier de tournesol rougi par les acides, celui-ci est ramené au bleu, ce qui me fit naturellement conclure qu'il se dégageait de l'ammoniaque. Je n'osai point penser que celle-ci ne fût qu'un produit de l'action de l'acide nitrique sur l'alcool ; car le simple traitement de l'alcool par l'acide nitrique dans les mêmes proportions sans argent ne donne jamais un résidu d'oxalate d'ammoniaque ; ce qui pourtant devrait être suivant ma supposition. J'y admis l'acide oxalique ; car une disso-

lution saturée d'argent fulminant dans la potasse me donnait avec les sels de chaux un précipité insoluble.

Je ne crois point nécessaire de rapporter ici l'histoire de l'argent fulminant et du mercure fulminant ; mais il est indispensable de citer ce qu'on a cru y trouver.

Howard, Berthollet, Fourcroy, Descostils et M. Thenard se sont occupés de l'étude de ces corps. Howard supposait de l'acide oxalique combiné avec du deutoxide d'azote et de l'éther ; Berthollet, outre ces principes, y admettait encore l'ammoniaque ; Fourcroy et M. Thenard les supposaient contenir de l'ammoniaque et une matière végétale particulière, dont les élémens étaient entièrement mobiles, ou dont la décomposition était d'une facilité si grande qu'on ne pouvait pas obtenir cette matière isolée. Enfin, Descostils a aussi tiré cette dernière conséquence de ses expériences. On trouve d'autres théories dans le *Dictionnaire de Chimie* de Wolf et Klaproth, dans celui de John, aux articles *Argent fulminant* et *Mercure fulminant* ; mais la plus grande partie de ces hypothèses est relative au mercure fulminant. Quant à l'argent fulminant, on en a long-temps jugé par analogie, et je ne sache point qu'il ait été jamais soumis à des recherches particulières (1). Les expériences suivantes montreront mieux qu'aucun raisonnement jusqu'à quel point ces différentes suppositions sont justes.

La manière dont je me suis procuré l'argent fulminant est la suivante : je fais dissoudre à chaud un gros

---

(1) A la vérité, MM. Figuier, Itner, Doebereiner et Descostils se sont successivement occupés de ce corps ; mais ils n'en ont pas déterminé la nature.

d'argent fin dans une demi-once d'acide nitrique de 1,52; j'y verse ensuite 2 onces d'alcool de 0,85, et je chauffe le tout dans un matras peu à peu jusqu'à l'ébullition. Quelque temps après les premiers bouillons on voit apparaître des flocons blancs cristallins; j'éloigne aussitôt le vase du feu, et je l'abandonne à lui-même jusqu'à ce qu'il se soit refroidi. L'ébullition continue encore pendant quelque temps, et le précipité augmente considérablement; il faut se garder de le refroidir artificiellement, car on éprouverait une forte perte. Si on emploie plus d'acide ou moins d'alcool que les proportions ci-dessus, l'argent fulminant se forme plus rapidement; mais l'augmentation d'acide produit une décomposition partielle; car on remarque de petites explosions venant du fond du vase, et qui souvent projettent au-delà des bords du vase l'argent fulminant déjà formé.

L'argent fulminant ainsi préparé se présente sous la forme d'aiguilles cristallines blanches et soyeuses, détone fortement par un petit choc, ainsi que par la chaleur, et par le contact avec l'acide sulfurique concentré, se dissout complètement dans trente-six fois son poids d'eau bouillante, et cette dissolution cristallise de nouveau par le refroidissement; il a un goût métallique désagréable; il colore la peau ainsi que tous les sels d'argent; exposé à l'air il devient rougeâtre, et ensuite noir, ne rougit point le papier de tournesol, et se comporte en général comme un sel neutre.

J'ai cherché à empêcher la cristallisation de l'argent fulminant en l'agitant pendant sa formation : je l'obtiens par là sous la forme d'une poudre fine, qu'on peut

mieux manier et partager que les cristaux, lesquels forment des groupes tenaces.

Je prépare le mercure fulminant par le procédé de Howard, en dissolvant 100 grains de mercure dans une demi-once d'acide nitrique concentré, y ajoutant 2 onces d'alcool et opérant du reste comme pour l'argent fulminant. Au commencement il se dépose une poudre blanche, qui n'est que du nitrate de mercure et qui se redissout en continuant à chauffer; à cette époque, le liquide se trouble tout-à-coup et devient gris, ce qui est dû à la réduction d'une partie de l'oxide de mercure. Ce métal se dépose à l'état d'une poudre très-ténue, mais par la suite se prend en globules: de 100 grains de mercure employés j'obtiens ordinairement de 36 à 46 grains de mercure métallique.

Les vapeurs d'éther qui se dégagent forment un nuage blanc et épais, tandis que celles qui se dégagent dans la préparation de l'argent fulminant ne montrent pas cette propriété. Une expérience me démontra que cette différence tient à ce que du mercure métallique est entraîné par la vapeur éthérée, ce qui est complètement conforme à l'opinion de Howard; car, ayant refroidi rapidement le matras lorsque sa partie supérieure se trouvait remplie des vapeurs, celles-ci disparurent, et je vis se déposer sur les parois et le col du vase des globules de mercure métallique, phénomène d'autant plus remarquable que la température ne dépassait pas 100 degrés. Après quelque temps le liquide se colore en jaune, et il s'y forme des cristaux dendritiques qui augmentent beaucoup par le refroidissement: ces cristaux ont jusqu'à six millimètres de longueur, sont d'un blanc grisâ-

tre, rudes au toucher et ont une pesanteur spécifique considérable. Comme ces cristaux semblent diminuer lorsqu'on les lave avec de l'eau distillée, j'en mis dans une quantité d'eau que je portai à l'ébullition : il se dissolvirent en donnant au liquide une belle teinte jaune et laissant pour résidu du mercure métallique.

Pendant le refroidissement la plus grande partie cristallisa en aiguilles d'un jaune brillant. Je repris celles-ci, je fis dissoudre et cristalliser encore une fois ; j'obtins ainsi des cristaux parfaitement blancs, lesquels, étant séchés, conservaient leur brillant soyeux, étaient très-doux au toucher, avaient un goût métallique douceâtre, détonaient fortement par un choc pas trop fort, en produisant une vive lumière ordinairement rougeâtre, et laissaient à l'endroit où on les faisait détoner une tache noire ayant le brillant métallique. Regardant ces derniers cristaux comme du mercure fulminant parfaitement pur, je les employai dans toutes les expériences suivantes.

En évaporant le liquide restant, j'obtins des cristaux d'un mercure fulminant ne différant en rien du précédent. Si on emploie une plus grande quantité d'acide nitrique que celle qui est prescrite, on obtient de l'oxalate de mercure, qui ne se précipite point, mais qui se tient en dissolution dans l'excès d'acide nitrique.

Le liquide qui reste après la préparation de l'argent fulminant a une belle couleur verte lorsque l'argent qu'on a employé contient du cuivre. Evaporé à moitié, il laisse déposer un oxalate de cuivre d'un blanc bleuâtre. Le liquide restant est très-riche en argent, ne contient

plus un atome de cuivre et est parfaitement pur; évaporé encore plus, il laisse déposer un sel d'argent d'une couleur rouge qui se dissout facilement dans l'eau, mais que je n'ai point examiné davantage.

J'ai cru nécessaire de commencer ce Mémoire par la description détaillée de tout ce qui a rapport à la préparation des matières que j'ai employées, et cela en partie pour ne pas interrompre l'exposé des expériences, et en partie pour en rendre possible la répétition et la vérification exacte. J'ai déjà cité plus haut les combinaisons que l'argent fulminant est susceptible de former avec la chaux et la potasse : c'est la première de ces combinaisons qui me donna l'idée d'un acide formé par l'action de l'acide nitrique sur l'alcool. Ayant versé de l'eau de chaux sur de l'argent fulminant, je vis ce dernier disparaître bientôt et une poudre noire se précipiter; le liquide qui en résultait et dont on avait séparé le précipité noir par la filtration, tournait rapidement au blanc par l'addition de quelques gouttes d'acide nitrique; ce précipité blanc étant séché, détonait par le choc et par la chaleur comme de l'argent fulminant qui n'aurait subi aucun changement, se dissolvait de nouveau sans résidu dans l'eau de chaux, pouvait encore en être précipité, sans jamais donner aucun indice d'une décomposition.

Je substituai, dans une autre expérience, la potasse à la chaux, et cela pour décomposer l'argent fulminant et pour obtenir l'ammoniaque que je supposais dans le composé. En prolongeant l'ébullition, la matière détonante de l'argent fulminant se combina très-facilement avec la potasse; il ne restait qu'une poudre noire qui,

examinée plus particulièrement, se trouva être de l'oxide d'argent.

Un morceau de papier de tournesol rougi par les acides étant exposé à la vapeur du liquide bouillant, était ramené au bleu ; ce qui semblait indiquer un dégagement d'ammoniaque ; mais une expérience comparative que je fis me persuada de l'erreur de ma conclusion ; car ayant tenté la même épreuve avec la vapeur d'eau pure, je vis reparaître la couleur bleue du papier. De plus, ayant fait l'expérience sur la cuve à mercure, je n'obtins ni ammoniaque ni aucun autre gaz qui pût indiquer un changement de la substance.

Il n'y a donc point d'ammoniaque dans l'argent fulminant; et l'odeur particulière que j'avais remarquée, pendant l'ébullition du liquide, était due à une partie des matières solides, qui était entraînée par la vapeur aqueuse. Le liquide restant était transparent, donnait avec l'acide nitrique un précipité blanc qui présentait toutes les propriétés physiques de l'argent fulminant. De la même manière que l'argent fulminant se combine avec la potasse et la chaux, il se combine aussi avec la magnésie, la baryte, la strontiane, la soude et l'ammoniaque, et dans toutes ces combinaisons on voit reparaître les mêmes phénomènes; dans toutes il y a une séparation d'oxide d'argent, excepté dans le traitement par l'ammoniaque, dans lequel il ne se sépare rien. La quantité de l'oxide d'argent séparé par les bases alcalines de l'argent fulminant est de 31,25 pour cent. L'identité de l'argent fulminant avec un sel composé ne semblait plus douteuse ; on voyait clairement que son acide se combinait avec les alcalis et que la

base, qui est ici l'oxide d'argent, en était précipitée. Mais si ce qui se combinait avec les bases était un véritable acide, il devait former des composés constans avec celles-ci. Je cherchai donc à obtenir ces corps parfaitement purs, c'est-à-dire cristallisés : cela me réussit avec toutes les bases : j'obtins des combinaisons cristallines qui détonent fortement et dont plusieurs sont d'une beauté remarquable. Devant revenir en particulier sur chacun de ces sels, je n'entre pas maintenant dans une description plus détaillée.

Ayant décomposé une quantité indéterminée d'argent fulminant par la chaux, et ayant suffisamment concentré le liquide filtré, j'en précipitai l'acide, qui est très-peu soluble à froid, par l'acide nitrique, en ayant soin de ne pas mettre un excès de celui-ci. Cet acide, étant bien lavé, se présente sous la forme d'une poudre blanche, très-soluble dans l'eau bouillante, rougissant le papier de tournesol, et cristallise par le refroidissement. Ne conservant aucun doute sur l'acidité de la matière détonante, il me restait à trouver quelle était sa nature.

Lorsqu'on verse de l'hydro-chlorate de potasse dans du fulminate de la même base (je me servirai de l'expression *fulminate* pour toutes les combinaisons de cet acide avec les bases), il ne se forme point un dépôt de chlorure d'argent, et en évaporant la liqueur et en la faisant cristalliser on obtient des cristaux de fulminate de potasse qui n'ont subi aucun changement. Une expérience comparative m'apprit que le chlorure d'argent était insoluble dans le fulminate d'argent.

Une dissolution de fulminate de potasse contenant un

excès de potasse fut saturée avec de l'acide muriatique : à chaque goutte qu'on y versait il se formait un dépôt blanc qui se redissolvait ensuite; en ajoutant un excès de cet acide, le fulminate de potasse était décomposé; il se précipitait du chlorure d'argent et il se dégageait une grande quantité d'acide hydro-cyanique et d'acide carbonique; la liqueur restante contenait du muriate d'ammoniaque.

Lorsqu'on verse du fulminate de potasse dans une dissolution de per-sulfate de fer, il ne se forme point de précipité, et si on décompose le fulminate par l'acide muriatique, il n'y a point de formation de prussiate de fer.

Quand on traite le fulminate de potasse par du cuivre métallique, tout l'argent se précipite, et une lame de zinc indique du cuivre dans le liquide; un excès de potasse ne peut point en séparer ce métal, et la liqueur ne devient pas bleue en y ajoutant de l'ammoniaque; mais si après cela on décompose ce sel par l'acide muriatique, on peut par les autres réactifs facilement reconnaître la présence du cuivre.

Les chromates, les prussiates, les carbonates, etc., ne précipitent point d'argent des fulminates alcalins.

Le dégagement de l'acide hydro-cyanique pendant la décomposition de fulminates par l'acide muriatique, et d'autres phénomènes, m'ont conduit naturellement à comparer ces sels avec les sels doubles que forme l'acide prussique avec les bases, ou aux ferro-argento-capro-cyanates, si on regarde ces métaux comme formant un élément de l'acide. La combinaison de l'acide hydro-cyanique avec l'oxide d'argent ou l'oxide de cuivre et la

potasse n'est pas décomposée par les muriates alcalins. L'acide muriatique concentré produit toujours la décomposition complète, la formation de chlorure d'argent et un dégagement d'acide hydro-cyanique et d'acide carbonique, et dans la liqueur reste du muriate d'ammoniaque. Un excès de potasse caustique ne peut pas précipiter de l'oxide d'argent ni de l'oxide de cuivre de leur combinaison avec l'acide hydro-cyanique et la potasse ; les chromates, les carbonates, etc., ne précipitent ni l'argent ni le cuivre; les métaux, suivant leur ordre, se précipitent mutuellement de leurs combinaisons avec l'acide hydro-cyanique et la potasse.

On trouve les mêmes analogies en comparant les fulminates avec quelques combinaisons de l'acide oxalique et de l'acide tartrique, combinaisons qui dans quelques circonstances présentent avec celles de l'acide hydrocyanique des ressemblances sur lesquelles M. Gay-Lussac (*Annales de Chimie*, t. III, p. 281) a déjà fait de très-belles observations, et que M. Rose (t. XXIII, p. 356) a parfaitement constatées; mais les réactifs ordinaires, comme, par exemple, le prussiate de fer, la noix de galle, etc., indiquent, dans la plupart de ces sels doubles, les oxides métalliques qui y sont contenus; mais les fulminates diffèrent encore en cela des tartrates doubles, que l'acide des fulminates ne peut exister sans l'argent ou le cuivre, etc.; de manière qu'en ôtant ces oxides, qu'on doit plutôt regarder comme des élémens de l'acide, celui-ci est détruit, tandis qu'on peut ôter aux tartrates doubles les oxides métalliques sans que l'acide tartrique en soit changé. Ces oxides sont parfaitement indépendans de l'acide tartrique, ce qui n'a nulle-

ment lieu pour les métaux dans les fulminates, et ils se rapprochent en cela beaucoup plus des hydro-cyanates.

Je me procurai une quantité suffisante de l'acide fulminant en décomposant 1 à 2 onces d'argent fulminant par la chaux de la manière que j'ai indiquée ci-dessus.

Si on fait bouillir cet acide ainsi préparé avec l'oxide noir d'argent, celui-ci se dissout complètement, et après le refroidissement, on obtient des cristaux d'argent fulminant. L'oxide de mercure, traité de la même manière par cet acide, s'y combine, et cristallise sous forme de petites lamelles brillantes.

Puisque l'acide prussique se combine avec plusieurs métaux, le fer, l'argent, l'or, par exemple, pour former un acide ferruré, argenturé, etc., on était naturellement porté à rechercher si le mercure fulminant ne contenait pas un acide particulier, différent de celui de l'argent fulminant, en ce que, au lieu d'argent, il contiendrait du mercure parmi ses élémens, tous les autres restant d'ailleurs les mêmes.

La suite de mes expériences confirma mon soupçon; car, ayant traité des cristaux de mercure fulminant, parfaitement blancs, en quantité suffisante, par de la potasse caustique bouillante, je trouvai qu'ils s'y dissolvent en laissant déposer de l'oxide de mercure. Pendant l'ébullition avec la potasse il ne se dégage point d'ammoniaque, et lorsqu'on fait bouillir long-temps, qu'on filtre et qu'on laisse refroidir subitement, il se dépose des flocons jaunes qui ne détonent pas et paraissent être une combinaison triple d'acide, d'oxide de mercure et de potasse. Ce liquide donne avec l'acide nitrique un

précipité blanc qui, étant séché, détone fortement par le choc.

Avec la baryte, la strontiane et la chaux il forme des composés analogues à ceux que l'acide de l'argent fulminant produit avec les mêmes bases.

La séparation de l'acide du mercure fulminant ne réussit pas toujours, et la préparation des combinaisons de cet acide avec les bases présente des difficultés que je n'ai pas encore pu lever complètement. Dans six à huit opérations que je fis pour me procurer des cristaux de sa combinaison avec la potasse, je n'obtins qu'une ou deux fois des cristaux détonans, jaunes et groupés en étoiles. En faisant bouillir l'eau mère ou de l'eau distillée avec les cristaux formés, ceux-ci se redissolvaient; mais, après le refroidissement, la liqueur, parfaitement claire, ne donnait plus des cristaux, et elle devenait laiteuse, jaunâtre et tout-à-fait opaque.

D'après ces résultats, on pouvait déjà conclure une analogie entre les principes de l'argent fulminant et ceux du mercure fulminant; mais l'expérience suivante est une preuve évidente de leur identité. Je mis une quantité indéterminée d'argent fulminant avec du mercure métallique dans de l'eau, et je fis bouillir le mélange; après quelque temps le liquide devint trouble et prit une couleur grise : en ayant filtré et refroidi une partie, j'obtins des cristaux lamelleux, parfaitement semblables à ceux que j'avais obtenus par la combinaison de l'acide, séparé de l'argent fulminant, avec l'oxide de mercure, cristaux dont j'ai parlé plus haut.

Je laissai bouillir l'autre partie du liquide à-peu-près une heure : le précipité gris se fonça en couleur; je filtrai

lorsqu'il parut ne plus s'en former, et j'abandonnai le liquide à lui-même. Après quelques heures, il s'était déposé de superbes cristaux blancs un peu jaunâtres, et que, par un examen plus attentif, je reconnus pour du mercure fulminant parfaitement pur : le mercure métallique qui restait au fond du vase avait perdu sa fluidité et contenait de l'argent.

Je préparai de la même manière de l'argent fulminant, au moyen du mercure fulminant, en faisant bouillir une dissolution saturée de ce dernier avec de l'argent qui avait été précipité du nitrate par le cuivre, et auquel j'ajoutai une quantité suffisante de limaille de platine. Par l'action galvanique produite par le contact de ces deux métaux, le mercure fut précipité et l'argent dissous. Cette dernière expérience demande une manipulation rapide et une simple décantation du liquide; sans cela on obtient toujours des cristaux qui renferment en même temps du mercure.

J'essayai d'obtenir, par un procédé analogue, du cuivre fulminant, en faisant bouillir dans de l'eau distillée du cuivre métallique avec de l'argent fulminant. Après peu de temps, le liquide devint trouble et il se déposa de l'argent métallique brillant. Le liquide, étant filtré, avait une couleur légèrement bleuâtre, et, en y versant quelques gouttes d'ammoniaque, il parut de la plus belle couleur bleu d'azur. L'autre partie du liquide laissa déposer, après quelque temps, une quantité considérable d'une poudre bleue verdâtre qui se comporta comme une véritable combinaison d'oxide de cuivre avec l'acide de l'argent fulminant, mais renfermant du cuivre au lieu d'argent. Cette combinaison détone, quoique plus fai-

blement que l'argent fulminant, en produisant une lumière verdâtre, et se dissout difficilement dans l'eau bouillante. En continuant à évaporer le liquide, on obtient encore une grande quantité de ce cuivre fulminant.

Le zinc me donna les mêmes phénomènes; seulement l'opération marcha beaucoup plus rapidement. Le liquide que j'obtins était jaune; l'ayant un peu évaporé, il s'en précipita du zinc fulminant de la même couleur.

J'ai traité de même l'argent fulminant par le fer: la dissolution avait une couleur brune-rougeâtre, et, étant évaporée, donna un fer fulminant cristallisé. Je précipitai du sulfate de cuivre par la combinaison de l'acide fulminant avec la soude: le précipité était d'un beau vert, mais ne détonait point, quoique la présence de l'acide argentique fût indiquée par les réactifs. Je fis bouillir ce précipité dans l'eau et j'y ajoutai pendant l'ébullition de l'argent fulminant; je filtrai et je le laissai refroidir. Après une heure, il se déposa de l'argent fulminant libre; mais, après cela, il se forma de superbes cristaux de quelques millimètres de long, qui se présentaient comme des fils groupés extrêmement fins. Le liquide restant était rougeâtre. De la même manière que j'avais obtenu du mercure, du cuivre, du fer et du zinc fulminant, par l'argent fulminant, je cherchai à produire des composés analogues par le mercure fulminant.

A cet effet, je fis bouillir une dissolution de mercure fulminant avec du cuivre métallique: le liquide changea de couleur et devint vert. Lorsqu'il me sembla ne plus se déposer de mercure métallique, je laissai refroidir le liquide: bientôt il se forma de beaux cristaux verts qui

détonaient fortement et avec production de lumière verte, et se dissolvaient difficilement, mais qui, sous le rapport de la composition, ne différaient point du cuivre fulminant obtenu par l'argent fulminant.

Je traitai le zinc avec le mercure fulminant tout-à-fait de la même manière, et j'obtins un liquide transparent jaune, qui, après le refroidissement, laissa déposer des cristaux floconneux de la même couleur, qui avaient la même propriété de détoner, laquelle caractérise tous ces sels.

La détermination exacte des parties constituantes semblait maintenant offrir la plus grande difficulté; car, d'après ce que nous avons dit, il est clair que les méthodes employées jusqu'à présent, au lieu de donner les véritables principes, n'avaient donné que des produits créés par le traitement même et par les moyens d'analyse, produits parmi lesquels on voit toujours cités l'ammoniaque et l'acide oxalique, qui ne donnent jamais des combinaisons solubles et cristallisables avec les réactifs employés dans mes expériences.

L'emploi de l'acide muriatique pour analyser les composés fulminans ne me présenta absolument aucun avantage pour la détermination des proportions de leurs principes, mais seulement de l'incertitude (1). Je fus conduit à un meilleur procédé par l'expérience suivante; car, en fai-

(1) Quand je mêlai l'argent ou le mercure fulminant avec du sable ou un sel pour le soumettre à une décomposition par la voie sèche, une détonation terrible avait toujours lieu, et cela venait de l'échauffement trop rapide de ces substances.

sant bouillir dans l'eau distillée une certaine quantité d'argent fulminant avec de la magnésie calcinée (afin d'obtenir une combinaison de celle-ci avec l'acide), le liquide, après avoir été filtré, ne se trouva contenir que très-peu d'acide: ainsi la plus grande partie de l'argent fulminant devait se trouver indécomposée dans le résidu rougeâtre, qui était en grande quantité. Je jetai un peu de ce résidu sur des charbons incandescens, et, au lieu d'une forte détonation, je n'observai qu'une faible décrépitation.

Je mis à-peu-près une demi-once de ce résidu bien séché dans une cornue de verre qui communiquait avec une éprouvette pleine de mercure, et ayant pris toutes les précautions possibles pour me tenir en sûreté, en cas d'une détonation, je commençai à chauffer graduellement. La masse se décomposa sans bruit et semblait bouillonner comme un liquide en ébullition. Dans l'éprouvette, il se rassembla un liquide et une quantité considérable de gaz. Le liquide, soumis à plusieurs épreuves, se comporta comme du carbonate d'ammoniaque combiné avec de l'eau. Le gaz fut absorbé par la chaux caustique, et était, par conséquent, de l'acide carbonique.

Etonné de ne point obtenir du gaz azote libre, ainsi que je m'y attendais, je répétai cette expérience plusieurs fois, et je me convainquis qu'il ne se dégageait réellement aucun autre gaz.

Après ces expériences, j'entrepris la détermination exacte des produits qui se dégageaient; je me servis, pour cet objet, de l'appareil suivant : je mêlai ensemble, le plus intimement possible, 100 parties d'argent fulminant

avec 400 parties de magnésie fortement calcinée (1); j'introduisis le mélange dans une cornue de verre que j'avais bien lutée, parce que, dans plusieurs expériences précédentes, les cornues avaient été fondues.

Au col de la cornue, je lutai un tube de verre dont le bout plongeait dans un vase contenant 100 parties d'eau distillée et 50 parties d'acide muriatique pur. Le vase même pesait 920 parties. De celui-ci partait un autre tube qui plongeait dans un second vase rempli d'eau de chaux. Je chauffai graduellement, à peu-près pendant une heure; après quoi je cassai rapidement le col de la cornue par un trait de lime, pour prévenir l'absorption qui aurait eu lieu par le refroidissement; mais avant cela je promenai un charbon ardent le long du col et du tube, afin d'en chasser le liquide qui s'y était condensé. Le premier vase pesait avant l'expérience 1070 parties, et, après, 1090,9 parties. Il avait, par conséquent, augmenté de 20,9 parties. Le liquide ne répandait pas la moindre odeur d'ammoniaque. Je l'évaporai avec précaution dans le vase même, et je chauffai un peu plus fortement le résidu, pour le débarrasser de l'excès d'acide hydrochlorique. Après que le vase se fut refroidi, j'en cherchai de nouveau le poids, que je trouvai de 963,5 parties. La matière qu'il contenait pesait donc 43,5; je la regardai comme de l'hydrochlorate d'ammoniaque; mais 43,5 parties de sel ammoniac contiennent 13,7 parties d'ammoniaque, lesquelles, retranchées de 20,9 parties, don-

(1) Pour cela, je délayai les deux corps dans l'eau chaude, que j'enlevai ensuite par la machine pneumatique et l'acide sulfurique.

nent 7,2 parties d'eau. Dans l'eau de chaux il s'était formé un dépôt très-considérable qui, ayant été retiré, séché et exactement pesé, donna 82,2 parties de carbonate de chaux; mais 82,2 parties de carbonate de chaux contiennent 35,5 parties d'acide carbonique, lequel fut compté parmi les produits. Ce qui restait dans la cornue pesait 441 parties : la magnésie avait donc augmenté de 41 parties; cette augmentation doit être attribuée à de l'argent métallique. J'avais donc en tout :

Acide carbonique,	35,5;
Ammoniaque,	13,7;
Eau,	7,2;
Argent,	41.
	97,4.
Perte,	2,6.
	100,0.

Je fis, de la même manière, l'analyse du mercure fulminant; l'appareil différait en cela que la partie horizontale du premier tube portait une boule pour recueillir le mercure; j'obtins :

Acide carbonique,	25,8;
Ammoniaque,	10,0;
Eau,	5,2;
Mercure,	56,9.
	97,9.
Perte,	2,1.
	100,0.

Ces résultats sont les moyennes arithmétiques de quatre expériences. Ce qui variait le plus dans celles-ci, c'est l'acide carbonique; mais le rapport des autres produits s'est trouvé constant. Si nous considérons ces produits séparément, nous en déduisons les déterminations suivantes :

Argent fulminant.

35,5 p. acide carbon.	oxigène,	25,81915	oxigène,	32,21923.
	carbone,	9,68085	hydrogène,	3,21797.
13,7 ammoniaque..	azote,	11,28195	azote,	11,28195.
	hydrog.,	2,41805	carbone,	9,68085.
7,2 eau.........	oxigène,	6,40008	argent,	41,00000.
	hydrog.,	0,79992		
41 argent..................		41,00000.		97,40000.
97,4.		97,40000.		

Mercure fulminant.

25,8 acide carboniq.	oxigène,	18,76434	oxigène,	23,38662.
	carbone,	7,03566	hydrogène,	2,34272.
10,0 ammoniaque..	azote,	8,23500	azote,	8,23500.
	hydrog.,	1,76500	carbone,	7,03566.
5,2 eau.........	oxigène,	4,62228	mercure,	56,90000.
	hydrog.,	0,57772		
56,9 mercure...............		56,90000.		97,90000.
		97,90000.		

Cependant je ne donne pas ces analyses comme très-exactes; car la grande affinité de la magnésie pour l'acide carbonique et pour l'eau doit nécessairement y avoir introduit des erreurs.

Je dus me contenter de l'analyse de l'argent et du mercure fulminans, puisque de la manière citée on ne pourrait pas tenter une décomposition de l'acide; car toutes les fois qu'on mêle celui-ci avec la magnésie et qu'on chauffe, on a une détonation qui cause la fracture

de la cornue; et malgré toutes les précautions que j'avais prises dans mes expériences sur l'argent fulminant, cela m'arriva deux fois. Cette détonation venait probablement de ce que l'argent fulminant n'était pas assez intimement mêlé avec la magnésie. Ce fut principalement la dernière expérience que je voulus entreprendre qui m'apprit que, bien que je connusse parfaitement les propriétés de la substance, je n'étais pas en sûreté.

Je passe maintenant à la description des sels que j'ai obtenus. Mais d'abord il est nécessaire de dire quelques mots de la méthode que j'ai employée pour la détermination de leurs parties composantes. Elle consiste à traiter le sel par une suffisante quantité d'acide hydrochlorique, à séparer exactement le chlorure d'argent qui se forme, à évaporer jusqu'à siccité le liquide restant, et à déterminer enfin la quantité de base qui se trouve dans le sel détonant. Mais avant tout il faut chauffer jusqu'à 100° pour chasser complétement l'eau de cristallisation; il faut remarquer qu'au-dessous de cette température ces sels ne détonent point. Le sel qui forme le résidu du liquide évaporé doit être fortement chauffé, pour être débarrassé du sel ammoniac avec lequel il se trouve mêlé. Je rappelerai, en passant, que ces sels ont été obtenus au moyen du traitement de l'argent fulminant par les différentes bases (1).

(1) Lorsqu'on filtre, soit à chaud, soit à froid, la combinaison d'un alcali quelconque avec l'acide fulminant, le liquide, qui auparavant était parfaitement clair, prend, ainsi que les cristaux qui se forment, une couleur brunâtre qui

Sel à base de magnésie. La magnésie se combine en deux proportions différentes avec l'acide dont nous traitons; une de ces combinaisons est une poudre couleur de rose, n'est point soluble, ne détone point, mais décrépite seulement ; l'autre se présente sous la forme de très-beaux cristaux blancs filamenteux, qu'on ne peut mieux comparer qu'à l'argent capillaire naturel, et qui détonent très-fortement.

Sel à base de baryte. La baryte se combine facilement avec l'acide et, à ce qu'il paraît, en deux proportions différentes. La première de ces combinaisons cristallise en grains d'un blanc sale, qui se dissolvent difficilement dans l'eau et qui détonent fortement.

Sel à base de strontiane. La combinaison de cette base avec l'acide se comporte comme celle de la baryte.

Sel à base de chaux. Ce sel forme de petits cristaux granuleux, jaunes, très-solubles, même à froid, et d'une pesanteur spécifique considérable.

Sel à base de potasse. Ce sel cristallise facilement en très-belles lamelles allongées parfaitement blanches et ayant le brillant métallique; il a un goût métallique désagréable; comme les autres sels de cette famille, il ne bleuit point le papier de tournesol rougi par le vi-

---

disparaît lorsque, après avoir étendu le liquide et redissous les cristaux, on fait bouillir quelque temps; mais alors il s'en précipite d s flocons noirs qui semblent être une combinaison d'une matière organique, provenant du papier, avec un peu d'argent. Si, par la décantation, on sépare ces flocons, le liquide laisse déposer des cristaux parfaitement blancs.

naigre, se dissout complètement dans environ 8 parties d'eau bouillante, et détone très-fortement étant chauffé, ou par un choc. Il contient :

Acide,	85,08;
Base,	14,92.
	100,00.

Le mercure fulminant traité par la potasse donne naissance à un sel jaune dont j'ai déjà parlé.

Sel à base de soude. Je l'ai toujours obtenu en petites lamelles arrondies, brunes-rougeâtres, et ayant le brillant métallique. Il est spécifiquement plus léger que le précédent, mais il coïncide d'ailleurs avec celui-ci dans toutes ses autres propriétés, sinon qu'il est plus soluble. Sa composition est :

Acide,	88,66;
Base,	11,34.
	100,00.

Sel à base d'ammoniaque. Je l'ai préparé en traitant à chaud l'argent fulminant par l'ammoniaque caustique. La combinaison entre ces deux corps a lieu sans laisser aucun résidu. Cela vient de ce que l'oxide d'argent, qui dans la préparation des autres sels était précipité, se combine ici avec l'ammoniaque pour former l'ammoniure d'argent de Berthollet. Après le refroidissement on obtient une grande quantité de cristaux grenus d'un blanc éclatant, qui se dissolvent très-difficilement dans l'eau et qui ont un goût métallique piquant.

Je n'osai pas entreprendre une analyse de ce sel; car

il n'est nullement maniable; il détone même dans le liquide lorsqu'on vient à le toucher avec une tige de verre. Mais heureusement dans ce cas, la décomposition ne se transmet point lorsque le liquide contient un excès d'alcali. Une partie de ce sel détone comme une quantité trois fois plus grande d'argent fulminant.

En dissolvant par une faible chaleur du mercure fulminant dans l'ammoniaque caustique, on obtient après le refroidissement, des cristaux granuleux, jaunes, qui détonent fortement; mais si on maintient la dissolution pendant quelque temps en ébullition, il s'én sépare une grande quantité d'une poudre d'un blanc tirant sur le jaune, laquelle ne détone point.

Un travail qui doit suivre celui-ci aura pour objet les combinaisons de l'acide détonant avec d'autres oxides métalliques, combinaisons dont j'ai nommé plusieurs dans le cours de ce Mémoire; j'y consacrerai aussi la préparation et l'analyse des sels obtenus par le mercure fulminant. En terminant l'exposé de mon travail je dois faire connaître les obligations que j'ai à M. Thenard, qui, pendant tous le cours de mes recherches, a bien voulu m'aider de ses conseils. J'avoue sincèrement que c'est à lui seul que je dois d'avoir pu les continuer; car sans le laboratoire de M. de Claubry, qu'il a eu la bonté de me procurer, je n'aurais pu rien faire; et la manière dont il m'a encouragé, moi qui lui étais tout-à-fait étranger, montre l'intérêt qu'il a pris à mes expériences et le zèle dont il est animé pour l'avancement de la science.

Je cite aussi avec reconnaissance M. Gaultier-de-Claubry, qui, avec la plus grande complaisance, a mis à ma disposition tous les instrumens dont j'avais besoin.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 15 *septembre* 1823.

Le Ministre de l'Intérieur adresse un Mémoire de M. Allais *sur une Question de géométrie* ; M. Etienne, une Notice topographique sur Bagnoles, destinée au concours de statistique ; M. Bourgeois, un nouveau Mémoire *sur les Réfrangibilités diverses de la lumière* ; M. Boze, la Description d'une nouvelle manière d'atteler les chevaux d'une voiture.

L'Académie procède à l'élection de deux correspondans dans la Section de Chimie : MM. Braconnot et Hatchett réunissent la majorité des suffrages.

M. Dulong lit la Note que nous avons déjà imprimée dans le Cahier d'août.

M. Arago annonce que M. Becquerel a commencé à former une table d'affinités, d'après l'électricité qui se manifeste au moment de la combinaison des corps.

M. Flourens lit un Mémoire *concernant les Propriétés et les fonctions des diverses parties de la masse cérébrale.*

M. Séguin lit une Notice *sur les Ponts suspendus en fil de fer.*

M. Laugier lit un Mémoire intitulé : *Analyse de la mine d'urane d'Autun.*

M. Prony, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le nouveau système d'engrenages de M. Pecqueur. (Nous consacrerons plus tard un article détaillé aux ingénieuses combinaisons de M. Pecqueur.)

Séance du lundi 22 septembre.

M. Sarrus adresse des Recherches *sur le Mouvement des fluides.*

M. Serres, médecin de l'hôpital de la Pitié, réclame la priorité de la découverte de l'action croisée du cervelet, et présente un paquet cacheté contenant des expériences sur le même sujet. (M. Flourens a répondu depuis à la réclamation de M. Serres, par une lettre adressé à l'Académie et par un écrit imprimé qui a été distribué à tous ses membres.)

M. Thenard entretient verbalement l'Académie des nouvelles expériences qu'il vient de faire avec M. Dulong, au sujet de l'action que le palladium, le rhodium et l'iridium exercent sur les mélanges d'oxigène et d'hydrogène. (Nous espérons pouvoir publier prochainement ces curieuses expériences)

M. Mirbel, au nom d'une Commission, rend un compte très-favorable du travail que M. Fée avait présenté sur les cryptogames des écorces officinales.

Les commissaires nommés dans la dernière séance, pour prendre connaissance d'un Mémoire de M. Allais, ont fait aujourd'hui un rapport d'où il résulte que ce Mémoire ne mérite aucune attention.

M. Becquerel lit un Mémoire *sur l'Electricité qui se développe pendant les actions chimiques, et sur la mesure de ses actions.*

Séance du lundi 29 *septembre.*

Le Directeur général de l'Agriculture et du Commerce invite l'Académie, au nom du Ministre de l'Inté-

rieur, à exprimer son avis sur les réglemens auxquels il convient de soumettre les établissemens d'éclairage par le gaz : la commission chargée de répondre à la demande de l'autorité se compose de MM. Prony, Gay-Lussac, Héron de Villefosse, Dulong et Darcet.

M. Flourens adresse la lettre dont nous avons déjà parlé dans l'extrait de la séance précédente.

M. Chevreusse, professeur de chimie à l'Ecole de l'artillerie et du génie de Metz, présente des Recherches physico-chimiques *sur le Charbon.*

M. Ampère, au nom d'une commission, rend un compte avantageux d'un nouvel instrument de l'invention de M. Quinteuz, auquel on a donné le nom de *bascule portative.*

M. Dupin fait un rapport très-favorable sur le Mémoire que M. Navier avait présenté, relatif aux ponts suspendus par des chaînes de fer.

M. Latreille lit un rapport sur le travail qu'a rédigé M. de Férussac au sujet des coquilles trouvées par M. Caillaud dans le Nil-Bleu. Ces coquilles avaient été primitivement prises pour des huîtres ; mais un examen plus attentif a prouvé qu'elles appartiennent au genre des éthéries, fondé par M. de Lamarck.

Séance du lundi 6 *octobre.*

M. Duméril communique un rapport fait au Sous-Préfet de Saint-Omer, sur une trombe qui a dévasté plusieurs communes du département du Pas-de-Calais. (Nous publierons ce rapport dans le résumé météorologique, Cahier de décembre.)

Les commissaires chargés d'examiner un ouvrage de M. Audibert *sur l'Art du pompier*, annoncent qu'ils n'ont pas trouvé dans le dossier qui leur a été remis des renseignemens suffisans pour porter un jugement quelconque.

M. Latreille fait un rapport verbal sur un ouvrage de M. Lepelletier intitulé : *Monographia tendredinetarum*.

M. Cagniard de Latour lit un Mémoire intitulé : *Expériences diverses à hautes pressions*.

M. Vauquelin lit des Observations *sur les Acétates de cuivre*.

M. Cauchy, rapporteur de la commission chargée d'examiner un Mémoire de M. Foex *sur la Théorie des parallèles*, montre que la prétendue démonstration donnée par cet auteur est inexacte.

MM. Dumas et Prévost commencent la lecture d'un Mémoire *contenant des Observations microscopiques sur la liqueur séminale de divers animaux*.

Séance du lundi 13 octobre.

On lit l'annonce que nous avons déjà publiée, de la découverte, faite par M. Minard, d'une pierre semblable à celle dont les Anglais se servent pour fabriquer le ciment romain.

M. Christian exprime, dans une lettre adressée à M. le Président, son desir d'être porté sur la liste des candidats à la place vacante dans la Section de Mécanique.

M. Arago annonce que M. Becquerel est parvenu à montrer qu'il y a un développement sensible d'élec-

tricité pendant l'ascension des liquides dans les tubes capillaires.

En déposant sur le bureau son Mémoire *sur l'Organe et les Gaz de la respiration dans le fœtus*, M. Geoffroy annonce qu'il vient d'apprendre qu'un travail analogue a été publié par Jean Muller, à Leipsick, mais qu'on n'en trouve pas un seul exemplaire à Paris.

M. Poiteau adresse un Mémoire *sur la Famille des lecythidées.*

M. Christian, professeur à Bourges, présente un instrument qu'il appelle *compas de sections coniques.*

M. Girard fait un rapport sur le Mémoire de MM. Chaudruc de Crazannes et Callocheau, que le Ministre de l'Intérieur avait adressé à l'Académie.

En faisant des fouilles sur l'emplacement de l'ancienne *Mediolanum Santonum*, aujourd'hui *Saintes*, département de la Charente-Inférieure, on a trouvé des massifs de cendres, de charbon et *d'huîtres entières*, servant de soubassement au pavage de quelques appartemens d'habitations antiques. Les auteurs de la découverte ayant remarqué que les huîtres avaient les deux valves encore attachées par leur ligament, pensaient qu'elles avaient été mises en œuvre encore pleines. Les commissaires combattent cette opinion en s'appuyant, d'abord, de la circonstance que les huîtres sont remplies de terreau; ils ajoutent ensuite qu'on a trouvé en Egypte, dans la vallée de l'Egarement, des amas considérables de ces coquillages également pourvus de leurs charnières. Quant à l'emploi, en apparence singulier, des huîtres dans la bâtisse, le rapporteur montre qu'il n'a rien, au fond, que de très-naturel. Le soubassement des

pavés du rez-de-chaussée, dans les habitations romaines, se composait de trois couches distinctes : la couche inférieure était du charbon concassé ; la seconde, un mélange de fragmens de cailloux, de briques, de tessons de vases, d'argile cuite, etc., toutes matières sèches et, autant que possible, imperméables à l'humidité ; la troisième, enfin, n'était qu'une seule couche, plus ou moins épaisse, de mortier, de chaux et de ciment, destinée à recevoir les carreaux ou les pavés sur lesquels on marchait. Les couches qui forment le sol factice des anciennes habitations de Saintes se présentent précisément dans le même ordre ; les cailloux seulement étaient remplacés par les huîtres : or, ces coquillages, par leur nature et surtout à raison de la nacre de leur surface, devaient être peu perméables à l'humidité.

M. Hachette lit un Mémoire intitulé : *De la Mesure des effets dynamiques dans les machines.*

MM. Prévost et Dumas achèvent la lecture de leur Mémoire *sur la Liqueur séminale de divers animaux.*

EXTRAIT *d'un Mémoire sur les Chaleurs latentes de diverses vapeurs.*

PAR M. CES. DESPRETS.

(Lu à l'Académie des Sciences le 3 octobre 1818).

BLACK, Watt et quelques autres physiciens ont porté leur attention sur la chaleur latente de la vapeur d'eau, à cause de son emploi dans les arts ; mais en général les moyens qu'on a employés jusqu'à présent ne comportent

pas une grande exactitude, comme il serait facile de le prouver, en faisant voir que les divers savans qui se sont occupés de cette matière ne se sont pas mis en garde contre toutes les causes d'erreur qui pouvaient influer sur les résultats de leurs observations.

Aucun des savans que je viens de citer n'a dirigé ses recherches vers la détermination des quantités de chaleur que prennent les divers liquides pour se constituer à l'état de vapeur. J'ai pensé qu'un travail entrepris dans le but de connaître ces quantités pour les principaux liquides, était propre à jeter quelque lumière sur la théorie des vapeurs et l'art de la distillation, et qu'il ne pouvait manquer d'être accueilli par les hommes qui se livrent à l'étude des sciences et de leurs applications.

Je ferai d'abord connaître le procédé que j'ai suivi; ce procédé est propre à donner à la fois la température de la vapeur du liquide en ébullition et la chaleur totale contenue dans cette vapeur.

Il consiste à condenser un poids connu de vapeur du liquide sur lequel on opère par une quantité d'eau également connue. Pour opérer facilement cette condensation, j'ai employé l'appareil dont voici la description.

Cet appareil est composé d'une cornue contenant le liquide qu'on veut volatiliser; le bec de la cornue peut être introduit dans un serpentin en cuivre, qui traverse une caisse formée par le même métal, oblongue et rectangulaire, et sort par une de ses parois. La feuille qui forme le serpentin et la caisse sont très-minces; le

serpentin est plat et large. Par cette disposition, la vapeur y est promptement condensée, et le liquide qui en résulte traverse le serpentin, et est reçu à sa sortie dans un vase disposé à cet effet. Dans ce trajet le liquide doit prendre une température peu différente de celle de la masse d'eau. J'ai cependant remarqué qu'en général cette température, au point où le liquide sort, était d'environ 2°,75, inférieure à la température moyenne de la masse d'eau contenue dans la caisse; ce qui du reste s'explique facilement par la place qu'occupait mon serpentin.

Le poids de la caisse est de 1095 grammes; la quantité d'eau qu'elle contient est de 2703 grammes; un thermomètre à long réservoir indique la température de cette masse d'eau avant et après le passage de la vapeur; un second thermomètre plongé dans la vapeur du liquide en ébullition, on donne aussi la température, et par le moyen d'un troisième instrument semblable, on connaît la température que conserve le liquide sortant du serpentin. On refroidit l'eau et la caisse au-dessous de la température du milieu ambiant, et l'on termine l'observation quand la vapeur a porté la température de l'eau et de la caisse autant au-dessus de celle du même milieu qu'on l'avait d'abord amenée au-dessous. Par cet artifice ingénieux que la physique doit à la sagacité du comte de Rumford, on rend nuls les effets qui résulteraient de l'inégalité dans les échanges de chaleur, entre la caisse et les corps environnans, si l'on avait commencé l'expérience à la température de ces derniers; à la vérité on pourrait observer le refroidissement de la caisse échauffée d'avance au point où l'on veut finir l'ex-

périence, et par la connaissance du coefficient de déperdition établir la correction des résultats (1).

La caisse est séparée du foyer sur lequel est placée la cornue par un écran composé d'une planche sèche, récouverte d'une feuille métallique. Il est presque inutile de dire qu'on avait soigneusement poli et la caisse et l'écran.

Les liquides soumis à mes observations sont l'eau, l'alcool, l'éther sulfurique et l'essence de térébenthine. J'ai fait choix de ces quatre liquides, parce qu'on les obtient assez facilement purs en grande quantité, et parce que les densités de leurs vapeurs sont connues avec précision, d'après les expériences de M. Gay-Lussac. L'emploi de ces liquides présente un autre avantage; c'est que leur action est nulle sur les substances métalliques, avantage précieux, puisqu'on ne peut obtenir les déterminations qui sont l'objet de ce Mémoire que dans des vases formés par les métaux. Il est à-peu-près superflu de remarquer que les premiers soins de l'obser-

(1) Depuis la lecture de ce Mémoire j'ai fait de nouvelles expériences pour lesquelles j'établis la correction, d'après la perte de chaleur occasionée par le refroidissement du vase. De plus, le liquide provenant de la vapeur condensée reste dans le fond du serpentin, dont la longueur égale à-peu-près celle de la caisse; les dimensions de cette caisse sont beaucoup plus considérables; elle renferme environ 60 livres d'eau. Ce dernier calorimètre est tellement disposé que le réfrigérant renfermé dans la caisse peut être enlevé à volonté. On a ainsi la possibilité de peser la vapeur volatilisée et la vapeur condensée, de sorte que, par ce moyen, il est impossible de commettre de grandes erreurs sur le poids de la vapeur.

vateur dans des expériences de cette nature doivent se porter vers la préparation des liquides bien purs, et qu'on ne peut tirer aucune conséquence rigoureuse des résultats donnés par des liquides hétérogènes, puisqu'il est de toute impossibilité de calculer l'influence des matières étrangères.

Pour rendre plus facile l'appréciation de l'exactitude du procédé suivi dans mes expériences, je vais en calculer quelques-unes; je donnerai ensuite le tableau général des moyennes.

Expérience sur la vapeur d'eau.

Pression $0^{m},76$, température de l'air de la chambre $18^{o},33$.
Température du calorimètre....... $13^{o},02$ à $12^{h.}\ 2'$.
A la fin de l'expérience........... $23^{o},65$ à $12^{h.}\ 13'$.

Poids de la vapeur condensée $=48^{o},1$; la température au moment de l'ébullition est 100 degrés; température de l'eau provenant de la condensation de la vapeur, à la sortie du serpentin $=13^{o},6$. En mettant les nombres dans la formule $M(t'-t) = m(T-\theta) + mx$, on trouve 633,8 pour la chaleur totale de la vapeur d'eau à 100° et conséquemment 533,8, pour la chaleur latente, nombre peu différent de 531, résultat moyen entre plusieurs expériences.

Dans cette formule M représente la masse d'eau froide, plus le poids de la caisse et du serpentin; t la température de l'eau froide au commencement de l'expérience; t' la température acquise quand elle est terminée; θ la température moyenne du liquide du serpentin; T la température de la vapeur; x la chaleur latente de l'unité de poids; m le poids de la vapeur condensée.

On entend par la chaleur totale contenue dans une

vapeur le nombre de degrés dont s'élèverait là température d'une certaine quantité d'eau prise à la glace fondante, si l'on donnait à cette eau la chaleur que perd le même poids en vapeur quand on la condense et qu'on porte sa température à zéro.

De l'Alcool. Ce liquide avait été purifié par les procédés que fournit la chimie; il était parfaitement homogène, car un thermomètre qu'on y plongeait conservait une température constante de 78°,7 pendant son ébullition; et cette constance est, comme on sait, un caractère de sa pureté; sa capacité pour la chaleur était de 0,622, il pesait 0,793 (à 10°,5).

Expérience.

Pression 0m,76, température de l'air de la chambre=9°,85.
Température du calorimètre..... = 6°,63 à 10h. 19'.
A la fin de l'expérience......... = 13°,08 à 10h. 48'.
Poids de la vapeur condensée............... 72g,1.
Température de l'alcool à la sortie du serpentin. 7°,09.

On trouve par le moyen de ces nombres 255°,4 pour la quantité totale de chaleur, que l'unité de poids de vapeur d'alcool pris à la température de 78°,7 et à la pression de 0m.,76 abandonne dans son retour à l'état liquide, et à la température de zéro.

On voit que ce nombre 255°,4 est rapporté à l'eau, c'est-à-dire, que la température de l'unité de poids d'eau serait élevée de 0 à 255°4 si on lui avait appliqué la chaleur qu'abandonne le même poids de vapeur d'alcool, quand on la condense, et qu'on porte à la température zéro l'alcool obtenu.

Ce nombre diminué de la température d'ébullition

78°,7 (qu'on doit multiplier par la capacité de l'alcool égale à 0,622) donne 207° pour la chaleur nécessaire à la réduction de l'alcool en vapeur; lorsque la température de ce liquide est 78°,7, c'est ce qu'on appelle ordinairement chaleur latente.

Si on avait opéré la condensation de la vapeur d'alcool, en la faisant passer à travers une masse connue de ce liquide, on aurait obtenu des nombres différens. Sans recourir à des expériences directes on peut déduire ces nombres des résultats fournis par le calomimètre rempli d'eau; il suffira de diviser la chaleur latente et la chaleur totale par la capacité de l'alcool; cette même remarque s'applique aux autres liquides.

De l'essence de térébenthine. Cette huile avait été amenée à l'état de pureté par plusieurs distillations; sa densité était 0,872; elle avait une chaleur spécifique représentée par 0,462; elle entrait en ébullition à 156°,8.

L'éther sulfurique, qu'on a soumis aux mêmes essais, entrait en ébullition à 35°,5; il pesait 0,715, et sa capacité pour la chaleur était de 0,520. On s'assurait de la pureté de ces derniers liquides en les soumettant à l'ébullition: ils étaient tous deux parfaitement purs. On se dispensera de rapporter les observations particulières, parce qu'on les calcule de la même manière que celles de l'alcool.

Résultats moyens.

Densité de la vapeur à zéro.	Densité au point d'ébullition.	Chaleur totale.	Chaleur latente.	Quantité totale en eau.	Chaleur latente en eau.
0,6235	0,451	Eau, 631	531		
1,613	1,258	Alcool, 410,7	331,9	255,5	207,7
2,586	2,280	Ether, 210	174,5	109,3	90,8
5,010	3,207	Essence, 323	166,2	149,2	76,8

La troisième et la quatrième colonne représentent la chaleur totale et la chaleur latente de chaque vapeur, en la supposant condensée par du liquide froid de même nature ; la cinquième et la sixième renferment les résultats obtenus dans le cas de la condensation de la vapeur opérée toujours par l'eau froide.

On voit, par l'inspection de ce tableau, qu'un liquide pris sans un poids déterminé, parvenu à son point d'ébullition exige d'autant moins de chaleur pour se volatiliser que la vapeur qu'il produit a plus de densité. Des essais analogues aux précédens, tentés sur le sulfure de carbone, dont la vapeur pèse 2,644, conduisent à la même conséquence; la chaleur latente de ce liquide diffère peu de 80 ; on sait aussi que l'iode, qui produit la plus pesante de toutes les vapeurs, demande une très-petite quantité de chaleur pour se volatiliser. La densité de la vapeur de cette substance est 8,61 ; le soufre, au contraire, se réduit difficilement en vapeur. Ce fait vient encore à l'appui des résultats ci-dessus, puisque la densité de la vapeur de soufre est à-peu-près égale à l'unité. Cette dernière détermination n'a pas été prise directement ; mais on peut la déduire soit de l'acide sulfureux, soit de l'acide hydrosulfurique.

J'avais d'abord cru que les chaleurs latentes étaient en raison inverse des densités des vapeurs aux températures d'ébullition : en effet, le rapport entre les chaleurs latentes de l'eau et de l'essence de térébenthine est presque égal au rapport inverse des densités de leurs vapeurs. Pour l'alcool, la différence est assez faible : l'éther sulfurique en présente une un peu plus grande ; cependant le résultat marche toujours dans le même sens, c'est-à-dire, que plus la vapeur d'un liquide a de pesanteur,

moins le liquide parvenu au point d'ébullition exige de chaleur pour son passage à l'état de fluide élastique. Il est bon de remarquer que la chaleur fournie par l'expérience est toujours un peu au-dessous de celles que l'on tirerait du rapport inverse des densités.

Pour faire les calculs précédens on avait besoin de connaître exactement les chaleurs spécifiques des corps qui ont fait le sujet des observations. Plusieurs physiciens dont les noms commandent la confiance, les ont données depuis long temps; mais comme leurs opérations n'ont pas été faites sur des liquides d'une parfaite pureté, on a dû les chercher de nouveau. On est parvenu à ce but par la détermination des temps du refroidissement de ces corps dans un même vase métallique. On sait qu'entre ces temps et les capacités pour la chaleur il existe certaines relations algébriques par l'emploi desquelles on peut connaître les dernières quand l'expérience a fourni les premières. Ainsi, si v est le poids du vase, c la capacité du métal dont il est formé, v' le poids de la quantité d'eau qui y est renfermée, et si v'' représente le poids du liquide (sous le même volume que l'eau) dont on cherche la capacité, que nous désignerons par x; si de plus t et t' sont les temps du refroidissement du vase rempli successivement d'eau et de l'autre liquide, on aura l'équation :

$$\frac{vc+v'}{vc+v''x}=\frac{t}{t'}.$$

En substituant dans cette formule les valeurs des lettres pour chaque cas particulier, on a trouvé 0,622; 0,463; 0,5205 pour les nombres qui doivent représenter les chaleurs spécifiques de l'alcool, de l'essence et de l'éther sulfurique; la capacité de l'eau est prise pour unité.

Sur *l'Action capillaire des fissures*, *etc.*

Par M. Doebereiner.

(Communiqué par M. Liebig.)

Dans le cours de mes experiences sur le platine, j'avais préparé une grande quantité d'hydrogène, que je conservais dans de larges flacons renversés sur l'eau. Un jour je remarquai que dans un de ces flacons l'eau s'était élevée de plus d'un tiers du volume intérieur du flacon. Je cherchai la raison de ce singulier phénomène; mais je ne trouvai rien qu'une fissure extrêmement petite dans la paroi du vase.

Je remplis une seconde fois d'hydrogène le même flacon, et je le posai sur la planche de la cuve pneumatique remplie d'eau, pour voir si la fissure seule pouvait être la cause de ce phénomène. Après douze heures l'eau était montée d'un pouce et demi dans le vase; et après vingt-quatre heures la hauteur de l'eau était de deux pouces deux tiers. Pendant cette expérience, la hauteur du baromètre et la température n'avaient pas changé sensiblement. Je substituai, dans d'autres expériences, des vases de formes très-différentes; des tubes, des cloches, des matras qui avaient tous des fissures : dans chacun de ces vases l'eau montait, après quelques heures, jusqu'à une certaine hauteur.

En couvrant un de ces vases rempli d'hydrogène avec une cloche, ou en remplissant le vase d'air atmosphérique, d'oxigène ou d'azote, au lieu d'hydrogène, je n'observai jamais un changement dans le volume primitif du gaz.

Il est très-probable que ce phénomène est dû à l'action capillaire de la fissure; mais on peut se demander : pourquoi est-ce l'hydrogène seul et aucun autre gaz, qui est soumis à cette action? Pour répondre à cette question, on devait supposer que tous les gaz sont composés d'atomes solides et différens en grandeur, enveloppés d'atmosphères de chaleur également différentes ; que l'atome d'hydrogène a le plus petit volume, mais une atmosphère de chaleur beaucoup plus grande que celle des autres gaz, et que l'hydrogène seulement, à cause de l'extrême petitesse de ses atomes, peut être attiré et s'échapper par les fissures. En effet, il résulte de la pesanteur, de la chaleur spécifique et de la capacité de saturation de ce gaz, que ses atomes doivent être très-petits, mais les atmosphères de chaleur qui les environnent très-grandes.

Il serait à desirer qu'un physicien traitât mathématiquement ce phénomène et qu'il calculât le volume d'un atome d'hydrogène d'après l'expérience. Il y aura probablement des fissures qui laisseront passer l'azote, mais non pas l'oxigène ; d'autres qui laisseraient échapper l'oxigène, mais point l'acide carbonique, etc.

Une autre expérience que j'ai faite, il y a trois ans, est très-favorable à cette hypothèse. J'avais effilé à la lampe un tube de thermomètre, soufflé à une de ses extrémités en boule, et je voulais le remplir d'alcool : à cet effet je chauffai la boule jusqu'à ce qu'il ne se dégageât plus de bulles d'air, en tenant en même temps la pointe du tube extrêmement fine enfoncée dans l'alcool. Après le refroidissement de la boule, il n'entra point d'alcool; en la chauffant de nouveau il se dégageait

toujours une grande quantité de bulles d'air, sans que la boule, étant refroidie, se remplît d'alcool. En examinant le tube effilé avec la loupe, je ne vis rien qui aurait pu empêcher l'entrée de l'alcool. En retirant le tube de l'alcool l'air extérieur entra avec sifflement.

Ce phénomène montre, si je ne me trompe, que le tube effilé, à cause de son petit diamètre, ne laissa pas entrer l'alcool, mais seulement l'air qu'il renfermait.

Peut-être ne serait-il pas inutile de rappeler à l'attention des chimistes les expériences de M. Faraday sur l'écoulement des gaz par des tubes capillaires (*Annales de Chimie*, tom. v, p. 298) : il a trouvé, par exemple, qu'un volume de gaz acide carbonique sous la pression de quatre atmosphères s'échappe par un tube de thermomètre très-fin et de 20 pouces de longueur, en 156,5 secondes ; un volume égal d'hydrogène en 57 secondes, etc. Une autre expérience d'un physicien allemand (le docteur Sœmmering) mérite d'être rapportée. Il mettait dans un flacon un mélange d'alcool et d'eau, et adaptait autour du col une vessie, qui fermait le flacon hermétiquement. Après quelques mois le volume du liquide avait diminué, et en l'examinant il le trouva plus riche en alcool qu'avant l'expérience. Par une suite d'essais, il put se convaincre que la vapeur d'eau seulement passait à travers la vessie et point la vapeur d'alcool, et qu'on pouvait se servir de ce procédé pour concentrer l'alcool étendu d'eau, etc., etc.

MOYEN *de rendre les étoffes imperméables à l'eau.*

UN chimiste de Glasgow a découvert une méthode simple et efficace de rendre la laine, la soie et le coton entièrement imperméables à l'eau. Il dissout du caoutchouc dans l'huile retirée du goudron de charbon de terre, qu'on obtient en abondance dans les usines pour l'éclairage, et applique, au moyen d'un pinceau, cinq ou six couches de ce mélange sur un des côtés de l'étoffe; il la recouvre ensuite avec une autre pièce d'étoffe et les passe toutes deux entre deux cylindres pour les faire adhérer. L'adhérence est, en effet, si complète qu'on déchire l'étoffe plutôt que de la séparer du caoutchouc.

CONVERSION *de l'Acide gallique en ulmine, observée par M.* Doebereiner.

EN dissolvant une quantité déterminée d'acide gallique dans l'ammoniaque caustique et en mettant cette dissolution en contact avec l'oxigène, elle en absorbe une quantité qui suffit pour convertir tout l'hydrogène de l'acide gallique en eau. L'acide gallique se change par là en ulmine, qui est composée de :

1 atome = 12 carb. = C;
1 atome = 1 hydr. = H;
2 atomes = 16 oxig. = O;

et peut être représentée comme une combinaison de 2 volumes de gaz oxide de carbone ($12\ C+8O$) et 1 volume de vapeur d'eau ($1\ H+8O$) $=CO+HO$.

La composition de l'ulmine ressemble à celle de l'acide formique, que j'ai trouvé composé de 2 volumes d'acide carbonique et 1 volume de vapeur d'eau $=(CO^2+HO)$.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRES.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	744,70	+ 7,0	95	746,45	+ 8,0	91	747,90	+ 8,9	87	751,08	+ 7,9	95	+ 8,9	+ 6,2	Couv., léger brouil.	N. N. O.
2	757,76	+ 7,5	91	758,20	+ 9,5	87	758,30	+ 9,9	71	759,76	+ 5,8	95	+ 9,9	+ 4,0	Nuageux.	N. N. O.
3	760,52	+ 3,5	95	759,97	+ 9,0	85	758,90	+10,2	81	758,45	+ 6,8	91	+10,1	+ 0,1	Nuageux.	O.
4	756,07	+ 6,8	93	754,95	+ 8,8	81	753,10	+ 8,5	76	761,20	+ 6,6	89	+ 9,1	+ 5,5	Nuageux.	S.
5	752,10	+ 6,6	87	751,48	+12,2	83	751,38	+11,2	94	753,00	+10,5	99	+12,2	+ 3,8	Couvert, brouill.	S. E.
6	757,25	+ 9,1	100	756,90	+14,0	94	756,08	+15,8	89	755,36	+12,8	93	+15,8	+ 7,5	Lég. nuag. à l'horiz.	S. E.
7	756,78	+11,8	99	756,44	+14,1	99	756,68	+13,8	99	758,09	+11,8	99	+14,1	+10,2	Pluie, brouillard.	E. S. E.
8	759,80	+11,8	99	760,10	+11,6	99	760,63	+ 9,6	99	762,25	+ 7,2	99	+11,8	+ 7,2	Couvert, brouillard.	N. O.
9	765,00	+ 4,2	94	765,17	+ 5,9	86	765,05	+ 5,9	75	765,80	+ 1,5	88	+ 6,0	+ 1,0	Nuageux.	N. N. E.
10	768,30	+ 1,8	89	768,84	+ 4,5	76	768,94	+ 4,5	74	771,02	+ 0,5	89	+ 4,5	+ 0,2	Nuageux.	E. N. E.
11	772,20	— 0,4	89	771,50	+ 2,9	65	770,65	+ 3,8	61	770,72	— 0,4	79	+ 3,8	— 1,5	Beau, brouillard.	E. N. E.
12	769,10	— 0,4	86	768,34	+ 3,8	74	767,42	+ 6,0	78	767,74	+ 1,9	89	+ 6,0	— 2,5	Très-beau, brouill.	E.
13	768,65	+ 1,0	96	768,44	+ 4,4	87	767,74	+ 5,9	87	768,24	— 1,9	99	+ 5,9	— 3,2	Beau, brouillard.	N. E.
14	767,16	— 2,0	99	766,65	+ 6,1	95	765,45	+ 0,8	98	764,80	— 1,2	90	+ 0,8	— 4,5	Couvert, brouillard.	N. O.
15	763,17	+ 4,2	99	763,69	+ 6,6	99	763,48	+ 6,9	99	764,84	+ 7,5	99	+ 7,5	+ 2,6	Brouillard humide.	N. O.
16	767,02	+ 7,1	99	766,93	+ 9,8	93	766,58	+ 9,8	80	766,61	+ 5,0	89	+ 9,8	+ 4,8	Quelques éclaircies.	N.
17	767,03	— 0,2	99	766,12	+ 3,5	98	765,22	+ 7,1	81	765,85	+ 3,8	98	+ 7,1	— 0,5	Beau, brouillard.	N. O.
18	767,37	+ 4,6	99	767,30	+ 5,2	96	767,08	+ 5,5	96	766,66	+ 3,2	97	+ 5,5	+ 2,6	Couvert, brouillard.	N. E.
19	763,48	+ 2,9	98	762,72	+ 3,9	96	762,24	+ 4,0	96	762,30	+ 2,0	99	+ 4,0	+ 2,0	Couvert, brouillard.	S.
20	763,95	+ 5,0	99	763,00	+ 7,8	99	763,03	+10,0	96	764,10	+ 9,5	96	+10,0	+ 4,5	Couv., léger brouil.	S. O.
21	766,00	+ 8,4	95	765,67	+ 9,2	90	764,94	+ 8,2	91	763,73	+ 5,8	98	+ 9,3	+ 5,6	Couv., léger brouill.	S. O.
22	758,90	+ 5,9	96	758,10	+ 7,6	91	756,90	+ 7,3	91	756,11	+ 8,2	99	+ 8,2	+ 5,0	Quelques éclaircies.	S. E.
23	759,73	+ 6,8	99	759,90	+ 7,6	95	758,95	+ 8,0	94	759,30	+ 6,8	99	+ 8,0	+ 6,8	Couvert, brouillard.	O.
24	759,23	+ 5,5	99	759,28	+ 6,2	99	759,30	+ 6,5	99	761,26	+ 5,8	99	+ 6,5	+ 5,2	Couv., brouil épais.	
25	764,00	+ 4,0	99	764,00	+ 5,0	100	763,96	+ 4,8	100	764,68	+ 3,8	100	+ 5,0	+ 3,8	Brouill. très humide.	
26	764,94	+ 3,8	100	[illegible]	+ 3,8	100	764,48	+ 3,2	100	764,52	+ 3,8	100	+ 4,0	+ 3,2	Brouil. épais et hum.	E.
27	764,20	+ 2,2	100	763,54	+ 4,2	100	763,04	+ 4,2	100	762,60	+ 3,8	100	+ 4,3	+ 3,0	Couv.; brouill hum.	E. S. E.
28	761,07	+ 3,4	100	760,85	+ 5,9	100	759,35	+ 7,0	99	758,15	+ 6,5	100	+ 7,0	+ 2,8	Couv., br très-hum.	S. E.
29	754,69	+ 7,8	100	753,72	+ 9,4	100	752,30	+ 9,8	100	752,06	+10,2	100	+10,2	+ 7,1	Couv., br. très-hum.	S.
30	751,74	+11,5	99	752,07	+12,6	99	751,92	+13,5	99	752,77	+14,0	98	+14,1	+10,8	Pluie continuelle.	S. O.
1	757,73	+ 7,0	95	757,85	+ 9,7	88	757,70	+ 9,8	85	758,60	+ 7,1	94	+10,2	+ 4,6	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	766,91	+ 2,2	96	766,55	+ 4,8	90	765,89	+ 6,0	87	766,19	+ 2,9	94	+ 6,0	+ 0,4	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 1,860
3	760,45	+ 6,0	99	760,21	+ 7,2	98	759,51	+ 7,2	97	759,52	+ 6,9	99	+ 7,6	+ 5,3	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 1,525.
	761,69	+ 5,1	97	761,54	+ 7,2	92	761,03	+ 7,[illegible]	9[illegible]	761,43	+ 5,6	95	+ 8,0	+ 3,4	Moyennes du mois, + 5°,7.	

D'un *Système de galvanomètres propres à rendre sensibles de très-faibles quantités d'électricité ; et des Courans électriques qui ont lieu dans les actions capillaires et dans les dissolutions.*

Par M. Becquerel,
Ancien Chef de bataillon du Génie.

(Lu à l'Académie royale des Sciences en novembre 1823.)

§ I. *Description du système de galvanomètres.*

Dans un des Mémoires que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie sur les courans électriques qui se manifestent dans diverses actions chimiques, j'ai dit qu'il était très-difficile de reconnaître des traces d'électricité dans la dissolution d'un corps dans l'eau ; mais qu'il était probable qu'en rendant plus sensible le galvanomètre de M. Schweigger on parviendrait sans doute à en découvrir. Depuis j'ai cherché à atteindre ce but, et les résultats auxquels j'ai été conduit démontrent la présence de courans électriques dans la plupart des phénomènes qui dépendent de l'attraction moléculaire à de petites distances. Commençons par donner la description de l'appareil que j'ai employé.

Prenons trois aiguilles aimantées BA, $B'A'$, $B''A''$ suspendues chacune à un fil de cocon,

plaçons-les à une distance telle l'une de l'autre que le pole austral de la première se trouve dans la sphère d'activité du pôle boréal de la seconde, et ainsi de suite, et de manière qu'elles agissent obliquement l'une sur l'autre. Ces trois aiguilles, par suite de leurs actions réciproques, se trouveront déviées de leur position primitive d'équilibre, c'est-à-dire, du plan du méridien magnétique, et se placeront, par exemple, suivant *ba*, *b′ a′*, *b″ a″*; l'aiguille du milieu sera plus déviée que les deux autres, puisque ses deux poles seront attirés par les poles contraires des deux aiguilles. Supposons maintenant que ces trois aiguilles soient celles de trois galvanomètres placés précisément suivant leurs directions, et dont les fils métalliques qui forment leurs circuits communiquent ensemble au moyen de petites capsules remplies de mercure; supposons, en outre, que ces fils soient de même diamètre, qu'ils forment le même nombre de tours sur chaque galvanomètre, et qu'enfin tout soit semblable sur chacun d'eux, il en résultera que, lorsqu'on fera passer un courant électrique dans cet appareil, les poles nord seront chassés dans le même sens. Analysons maintenant ce qui va se passer et admettons que l'effet du courant électrique soit de tendre à faire rentrer les aiguilles dans le plan du méridien magnétique : le pole *b′* s'éloignera du pole *a*, comme le pole *a′* du pole *b″*; l'aiguille *a′ b′*, d'un autre côté, étant sollicitée par l'effet du courant à rentrer dans le plan du méridien magnétique, sera d'autant moins contrariée dans son mouvement que le pole *a* se sera éloigné davantage du pole *b′* et le pole *a′* du pole *b″*; par conséquent les déviations de l'aiguille *a′ b′* seront plus étendues que si elle eût agi seule.

Une condition essentielle à remplir dans cette disposition de galvanomètres est de faire marcher en même temps les aiguilles ; car, si les mouvemens se contrariaient, ils finiraient par se nuire, et la sensibilité de l'appareil serait diminuée au lieu d'être augmentée. On atteindra en partie ce but, 1°. en prenant un fil de même métal et d'un semblable diamètre pour chaque galvanomètre ; 2°. en enroulant ce fil d'un même nombre de tours sur chacun d'eux ; 3°. en prenant des aiguilles aussi égales que possible et aimantées en même temps, à saturation, par le procédé de la double touche ; 4°. en suspendant ces aiguilles de la même manière et en plaçant les deux galvanomètres extrêmes dans une position parfaitement semblable par rapport à celui du milieu. Ces conditions remplies, l'on sera assuré que tout sera symétrique de part et d'autre.

Il est à remarquer que l'uniformité de mouvement à laquelle on doit parvenir n'existera sensiblement que dans de très-petites déviations ; car l'aiguille du milieu étant soumise à l'action des deux aiguilles latérales, ses mouvemens deviendront promptement plus rapides que ceux des deux autres, parce que celles-ci n'auront chacune qu'un de leurs poles qui sera sollicité par le pole voisin de l'aiguille du milieu. Par conséquent, le système de galvanomètres que nous indiquons ici ne pourra servir utilement que dans les cas où les déviations de l'aiguille aimantée seront très-petites. Dans toute autre circonstance, il faudra se servir d'un galvanomètre simple.

Un avantage de cet appareil, c'est que les aiguilles conserveront plus long-temps leur magnétisme que si

elles n'eussent pas été soumises à l'influence les unes des autres.

J'avais d'abord pensé que, en multipliant le nombre de galvanomètres, l'on pourrait en augmenter indéfiniment la sensibilité ; mais il m'a été facile de reconnaître qu'il existait une limite à cet égard, car, en en augmentant le nombre, on accroît les difficultés pour faire marcher ensemble toutes les aiguilles : ainsi, on ne gagne rien du côté de la sensibilité. Néanmoins, avec un peu d'habitude l'on peut se servir d'un appareil composé d'un certain nombre de galvanomètres ; il faut seulement attendre l'instant où toutes les aiguilles recommencent à marcher ensemble ; alors on fait naître le courant quand les oscillations reprennent dans le sens de l'impulsion qu'il imprime aux aiguilles.

On ne peut réellement donner aucune règle fixe pour disposer convenablement les galvanomètres ; car elle dépend d'une foule de causes qui varient d'un appareil à l'autre. On ne parvient que par des essais successifs à se former un système de galvanomètres susceptibles d'accuser de très-faibles courans d'électricité.

On peut encore y faire un perfectionnement qui contribue à augmenter sa sensibilité, c'est de neutraliser une portion du magnétisme terrestre, à l'aide d'un gros barreau aimanté placé à une distance convenable des aiguilles. Au moyen de cette disposition, quand l'aiguille du milieu, par suite de l'action du courant électrique, se sera éloignée du plan du méridien magnétique, elle obéira davantage à l'action des deux poles contigus, puisque le magnétisme terrestre agira avec moins de force : il faudra seulement avoir l'attention de

diriger le courant de manière à obtenir l'effet dont nous venons de parler.

Nous allons nous servir maintenant de cet appareil pour découvrir des courans électriques dans divers phénomènes.

§ 2. *Des Effets électriques dus aux actions capillaires.*

Tous les physiciens sont d'accord que l'élévation des liquides dans les tubes capillaires est due à l'attraction dans de petites distances, c'est-à-dire, à l'attraction des molécules du tube sur les molécules du liquide et aux attractions mutuelles de ces dernières. M. de Laplace, en partant de ces deux principes, a soumis à une analyse profonde tous les phénomènes capillaires, et l'accord que cet illustre savant a trouvé entre les résultats du calcul et ceux de l'expérience prouve la justesse des données qui ont servi de base à ses calculs.

Puisqu'il reste prouvé que les phénomènes capillaires tirent leur origine de l'attraction moléculaire dans de petites distances, il était probable que l'on devait retrouver, au moment où elle s'exerce, les courans électriques qui accompagnent ordinairement les actions chimiques provenant d'une cause semblable. Les résultats auxquels j'ai été conduit par l'expérience ne laissent aucun doute à cet égard, et contribueront à resserrer encore les liens qui unissent la physique et la chimie.

Dans l'état actuel de la science, nous ne pouvons pas encore distinguer les effets électriques dus à l'attraction du liquide sur lui-même de ceux qui résultent de l'attraction du liquide sur le corps qui produit les phénomènes capillaires; nous nous contenterons de rendre sensible le

courant électrique qui provient de l'action simultanée de deux attractions. Nous discuterons plus en détail, dans un autre Mémoire, ce qui se passe au moment où chacune de ses attractions a lieu.

Une condition essentielle au succès des expériences est de n'employer que des substances assez conductrices de l'électricité pour que le transport des deux fluides puisse se faire librement; il faudra donc bannir le verre. Nous ne pourrons, par conséquent, nous occuper de l'élévation des liquides dans les tubes formés de cette substance. Mais nous avons l'éponge de platine et le charbon, qui se prêtent parfaitement bien à des recherches de ce genre. Commençons d'abord par l'éponge de platine.

Versons un acide quelconque, par exemple, de l'acide hydro-chlorique étendu de cinq fois son poids d'eau distillée, dans la cuiller de platine, qui communique à l'un des bouts du fil du galvanomètre, et plongeons dedans une éponge de platine fixée entre les branches de la pince de même métal, qui est soudée à l'autre bout du fil; cette éponge est préalablement préparée, afin qu'elle ne renferme aucune matière étangère : au même instant il se produira un courant électrique qui ira de l'éponge à l'acide et dont la direction sera, par conséquent, contraire à celle du courant que l'on aurait obtenu si l'acide eût été attaqué par le métal. A mesure que les interstices se rempliront du liquide, le courant diminuera d'intensité, et il arrivera un instant où il sera nul, c'est celui où l'éponge aura absorbé tout le liquide qu'elle peut contenir. Quand l'acide est concentré, le courant est moins sensible.

Quelquefois il arrive que le courant électrique va

de l'acide au métal : cet effet tient sans doute à ce que l'éponge renfermait des corps étrangers au platine, qui auraient été attaqués par l'acide. Peut-être aussi dépend-il de circonstances que nous n'avons pu encore remarquer.

En substituant l'acide nitrique à l'acide hydro-chlorique, les phénomènes électriques se produisent encore; mais ils sont moins marqués : l'acide concentré donne le courant le plus sensible.

Quand une éponge de platine a servi à une expérience, on la plonge pendant quelque temps dans un vase rempli d'eau distillée, que l'on renouvelle plusieurs fois pour enlever l'acide; ensuite on l'expose au dard du chalumeau, afin d'en chasser les parties liquides.

Il est bon aussi d'envelopper l'éponge à moitié, d'une petite feuille très-mince de platine, qui, ayant un grand nombre de points de contact avec elle, facilite la circulation du courant électrique.

Jusqu'à présent nous n'avons agi que sur des éponges de platine; mais il existe d'autres substances poreuses et conductrices de l'électricité qui se prêtent parfaitement aux expériences, entre autres le charbon bien sec. Prenons-en un fragment gros comme un pois, et enveloppons-le à moitié d'une petite bande de papier joseph, que nous recouvrirons d'une feuille mince de platine; ainsi préparé, plaçons le fragment de charbon dans la pince de platine et plongeons-le dans l'acide nitrique contenu dans la cuiller de platine : on aura un courant électrique qui ira de l'acide au corps poreux, c'est-à-dire au charbon.

Lors de l'immersion du charbon dans l'acide sulfurique étendu d'eau, le courant va de même de l'acide au charbon.

Le courant électrique qui résulte de l'action capillaire d'un acide sur le charbon persévère assez long-temps; il dure quelquefois douze heures, mais en diminuant peu à peu d'énergie. Cet effet dépend sans doute de ce que le charbon met un certain temps à absorber tout le liquide qu'il peut contenir ; tant que dure l'absorption, les effets électriques qui accompagnent ordinairement les phénomènes capillaires doivent se reproduire avec plus ou moins de force.

Dès le commencement de mes recherches sur les courans électriques auxquels donne lieu le jeu des affinités, j'avais remarqué qu'à l'instant où une lame de platine, fixée à l'un des bouts du fil du galvanomètre, touchait l'acide ou le liquide contenu dans la cuiller, il y avait un courant électrique de l'acide au métal, qui finissait par disparaître. Je le considérai alors comme produit par des impuretés adhérant à la surface du platine; mais comme il se produit toujours lorsque l'on prend les précautions nécessaires pour s'en débarrasser, il paraît prouvé maintenant que cet effet est dû à l'action capillaire de l'acide sur le métal, c'est-à-dire au phénomène qui se produit quand le métal se mouille.

On voit donc qu'au moment où l'action capillaire commence, il se produit dans l'éponge de platine un courant électrique qui va ordinairement dans un autre sens que si le métal était attaqué par l'acide dans lequel se fait l'immersion; ce courant cesse dès l'instant que le contac

est bien établi entre le liquide et le corps poreux qui est plongé dedans; il ne dépend donc uniquement que de ce qui se passe pendant l'action capillaire, et nullement du simple contact du corps solide avec le liquide. Nous sommes maintenant naturellement conduits à examiner si, en général, le contact des substances conductrices de l'électricité, avec les liquides qui n'exercent sur elles aucune action chimique, ne produit pas des effets électriques appréciables à nos appareils. S'il en était ainsi, nous serions forcés de prendre de grandes précautions pour nous en débarrasser; car sans cela nous ne pourrions plus reconnaître les courans électriques qui proviennent de l'action chimique.

§ 3. *Du contact des liquides avec les corps solides conducteurs de l'électricité.*

Nous avons montré, dans un précédent Mémoire, qu'il y avait une très-grande différence entre les effets électriques produits par le simple contact des corps et ceux qui résultaient de l'action chimique : dans le contact il existe une tension électrique qui reste la même, quelqu'étendue qu'aient les corps soumis à l'expérience; tandis que dans l'action chimique cette tension est sensiblement nulle, du moins elle n'est pas appréciable à nos appareils : les choses se passent comme s'il y avait des courans électriques continuels d'un corps à l'autre tant que dure le jeu des affinités. Ainsi quand on mettra en contact deux corps quelconques, bons conducteurs de l'électricité et qui exerceront une action chimique l'un sur l'autre, on observera d'abord les courans dont nous venons de parler; quand, ensuite, cette

action cessera, il ne restera plus sur chacun d'eux que l'électricité avec tension, due au simple contact. Or, comme dans toutes les expériences que nous avons faites jusqu'à présent, nous avons mis sans cesse en contact du platine et des acides sur lesquels ce métal n'avait aucune action, il s'agit de déterminer si le contact des solides avec les liquides, quand il n'y a pas action chimique entre eux, ne produit pas des effets électriques.

Servons-nous toujours du galvanomètre dont l'un des bouts du fil est soudé à une petite cuiller de platine et l'autre à une pince de même métal. Nous employons ordinairement des vases d'une petite dimension, parce que les liquides, en général, étant d'assez mauvais conducteurs de l'électricité, moins la masse de liquide à traverser sera considérable, plus les deux fluides électriques pourront se réunir avec facilité pour former le courant.

Versons dans la cuiller de l'acide nitrique et plongeons dedans la pince : d'abord il y aura un léger courant qui ira de l'acide au métal, mais qui deviendra nul dès l'instant que la pince sera mouillée. Ceci est conforme à ce que nous avons vu précédemment, puisqu'il se produit ici un phénomène capillaire. Dans le cas où l'acide exercerait une action électro-motrice sur le métal, elle serait la même et sur la cuiller et sur la pince : on ne devrait donc avoir aucun courant. Si l'on enveloppe la pince d'une bande de papier joseph, il en sera encore de même, attendu qu'il sera promptement imbibé d'acide et que le platine de la pince sera toujours en contact avec lui. Maintenant

plaçons entre les branches de la pince une lame d'or parfaitement pur et enveloppée à moitié d'une bande de papier pour empêcher le contact des deux métaux; plongeons cette lame dans de l'acide nitrique privé de gaz nitreux, afin que l'or ne soit pas attaqué, et faisons l'immersion de manière que le papier touche aussi à l'acide : il est bien évident que si l'or exerçait une action électro-motrice sur l'acide nitrique, différente de celle du platine, on le reconnaîtrait sur-le-champ au moyen des déviations de l'aiguille aimantée : or, elles sont nulles quand la lame d'or est mouillée. On peut, je crois, conclure de cette expérience que le contact des solides avec les liquides, lorsqu'il n'est suivi d'aucune action chimique, ne présente aucun phénomène électrique susceptible d'être remarqué.

Au moyen des faits que nous venons d'exposer, nous pouvons reconnaître de très-petites quantités de cuivre dans l'or, et même déterminer si un or renferme plus d'alliage qu'un autre : en effet, servons-nous d'une cuiller en or parfaitement pur, soudons-la à un fil de platine qui viendra plonger dans l'une des petites capsules remplies de mercure, où viennent aboutir les extrémités du fil du galvanomètre; versons dans cette cuiller de l'acide nitrique exempt de gaz nitreux, et plongeons dedans le morceau d'or qui est fixé entre les branches de la pince de platine : dans le cas où ce morceau d'or renferme du cuivre, son action sur l'acide nitrique détermine un courant qui va de la cuiller d'or à la pince. Si le courant est nul aussitôt que le phénomène capillaire a été produit, c'est une preuve que l'or est parfaitement pur.

Maintenant veut-on savoir de deux morceaux d'or celui qui renferme le plus de cuivre, on fixe chacun d'eux à l'un des bouts des fils de platine qui communiquent avec le galvanomètre ; on plonge ensuite également et en même temps ces deux morceaux dans une capsule remplie d'acide nitrique : le sens du courant détermine alors où a été l'action chimique la plus forte et quel est l'or qui renferme le plus de cuivre.

Il est très-facile de reconnaître aussi quand l'acide nitrique contient un peu de gaz nitreux : il suffit de remplir la cuiller d'or de cet acide, et de plonger dedans un petit morceau d'or pur fixé dans la pince ; dans ce cas le courant part de la cuiller, puisque c'est de ce côté que l'action chimique est la plus forte.

Les procédés que j'indique ne peuvent nullement être employés dans la pratique ; ils demandent des précautions que l'on ne peut attendre des personnes qui ne s'occupent pas d'expériences délicates. Je les ai consignés dans ce Mémoire comme applications de propriétés électro-chimiques.

§ 4. *Des courans électriques qui ont lieu dans les dissolutions en général.*

Nous avons rappelé, au commencement de ce Mémoire, que nous avions avancé précédemment que l'on parviendrait sans doute à découvrir des effets électriques dans les dissolutions si on augmentait la sensibilité du galvanomètre de M. Schweigger ; nous allons maintenant nous servir de notre appareil pour analyser cette classe de phénomènes qui va nous fournir des résultats curieux sur l'acte même de la dis-

solution. Nous examinerons successivement la dissolution dans l'eau des acides, des alcalis et des sels neutres.

§ 5. *Dissolution des acides dans l'eau.*

Nous distinguons, pour nos expériences, deux ordres d'acides : le premier comprend les acides qui peuvent s'obtenir sous forme solide, tels que les acides citrique, oxalique, boracique, etc.; l'autre tous les acides liquides.

Pour observer les effets de la dissolution dans l'eau des premiers, on se contente de fixer un petit morceau de chaque acide entre les branches de la pince de platine; ensuite on fait l'immersion dans l'eau que renferme la cuiller de platine : on observe, au moment où la dissolution commence, un courant électrique qui va de l'eau à l'acide et qui continue sans interruption.

Quand on cherche l'action sur l'eau, des acides nitrique, hydro-chlorique, sulfurique, on emploie l'éponge de platine dont nous nous sommes déjà servis pour observer les courans électriques qui résultent de l'action capillaire. Prenons d'abord l'acide nitrique; laissons séjourner dedans, pendant quelques instans, l'éponge de platine, et plongeons-la dans l'eau distillée que l'on a versée préalablement dans la cuiller de platine : dans le premier instant on aura un courant électrique faible qui ira de l'acide à l'eau et qui augmentera d'intensité à mesure que l'eau, se chargeant d'acide, deviendra plus conductrice de l'électricité; ensuite ce courant diminuera et deviendra nul quand le mélange, ou, pour mieux dire, la combinaison de l'eau

avec l'acide sera entièrement terminée. Ainsi, dans cette expérience, l'eau se comporte comme un alcali. Si, au contraire, l'éponge eût été imbibée d'eau pure et qu'on l'eût plongée dans de l'acide nitrique concentré, le courant serait toujours parti de l'acide. Cette expérience est la contre-épreuve de la première.

En opérant de la même manière sur l'acide hydro-chlorique, on obtient un courant électrique de l'eau à l'acide; avec l'acide sulfurique il suit une direction contraire.

On voit donc que l'eau est l'élément électro-positif par rapport aux acides nitrique et sulfurique, tandis qu'il est électro-négatif par rapport aux acides faibles et à l'acide hydro-chlorique.

Je traiterai plus en détail cette classe de phénomènes dans un autre Mémoire.

§ 6. *Dissolution des alcalis dans l'eau.*

On peut observer de deux manières la dissolution des alcalis dans l'eau: la première, en fixant entre les branches de la pince de platine un fragment d'hydrate de potasse ou de soude enveloppé d'une bande de papier joseph et le plongeant dans l'eau distillée de la cuiller de platine: il se produit alors un courant électrique qui va de l'eau à l'alcali; l'eau se comporte donc ici comme l'acide dans sa combinaison avec un alcali. Par le second procédé, on se sert de l'éponge de platine, que l'on met en contact pendant quelque temps avec une dissolution très-concentrée d'hydrate de potasse ou de soude; ensuite on plonge cette éponge dans d'eau dis-

tillée de la cuiller, et l'on trouve de même que le courant va de l'eau à l'éponge qui renférme la potasse. Ce mode d'opérer est préférable à l'autre, parce qu'on évite le grand dégagement de chaleur qui se produit quand on met en contact avec l'eau un morceau d'hydrate de potasse ou de soude. Ce dégagement de chaleur ne paraît pas influer sur les effets électriques dont il est ici question; mais on pourrait élever des doutes à cet égard, et en écartant cette cause d'erreur on rend plus visible le courant électrique qui a lieu dans la dissolution des alcalis dans l'eau.

§ 7. *Dissolution des sels neutres dans l'eau.*

La dissolution des sels neutres dans l'eau donne, en général, des effets électriques peu marqués : soit que cela dépende du peu de conductibilité de l'électricité des sels que l'on a employés ou de toute autre cause, il n'en est pas moins vrai que lorsqu'on dissout dans l'eau le muriate de baryte ou le sulfate de soude, comme nous l'avons fait des alcalis, on n'a qu'un courant électrique très-faible de l'eau au sel. Nous nous proposons de revenir sur les phénomènes électriques qui se produisent dans la dissolution des sels neutres.

§ 8. *Effets électriques produits par le mélange d'un acide avec un autre acide.*

Nous allons voir ici se développer une foule de phénomènes qui jeteront quelque jour sur ce qui se passe en général dans les combinaisons; car là où il y a changement dans les effets électriques, il doit nécessairement exister des modifications dans les forces qui produisent

les affinités. Nous nous bornerons à ne rapporter que quelques faits, parce qu'ils suffiront pour montrer le changement d'action de deux corps dans telle ou telle circonstance.

L'éponge de platine va encore nous servir : imbibons-la d'acide nitrique et plongeons-la ensuite dans de l'acide sulfurique étendu de la moitié de son volume d'eau : on aura au même instant un courant électrique très-fort qui ira de l'acide nitrique à l'acide sulfurique. Quand l'acide sulfurique est concentré, le courant a également beaucoup d'énergie ; mais il va dans un autre sens. D'après cela, il doit donc exister un mélange d'acide sulfurique et d'eau dans de telles proportions, qu'en en imbibant une éponge de platine et la plongeant après dans de l'acide nitrique, le courant est nul. Ces différens effets tiennent sans doute à ce que l'acide sulfurique n'exerce pas sur l'eau et sur l'acide nitrique deux actions de même nature : en effet, quand l'éponge est remplie d'acide sulfurique concentré et qu'on la plonge dans l'acide nitrique, l'acide sulfurique agit d'abord avec beaucoup d'énergie sur l'eau contenue dans l'autre acide, et ensuite sur l'acide lui-même. D'après les expériences précédentes il doit en résulter deux courans : le premier, dû à la combinaison de l'acide sulfurique et de l'eau, ira du premier au second, et le second courant de l'acide nitrique à l'acide sulfurique, par conséquent dans une direction contraire. Or, l'action de l'acide sulfurique sur l'eau étant la plus forte, ce sera elle qui donnera la direction au courant ; mais comme elle diminuera à mesure que l'acide sulfurique se saturera d'eau, on sent très-bien qu'il arrivera un instant où l'autre ac-

tion l'emportera et alors le courant prendra une autre direction. Les choses se passent tellement ainsi, qu'il est facile de prouver que l'action de l'acide sulfurique sur l'acide nitrique est faible, et qu'elle contre-balance long-temps celle qui retient l'acide sulfurique dans les interstices de l'éponge de platine : car lorsqu'on plonge l'éponge imbibée d'acide sulfurique étendu d'eau, dans l'acide nitrique, le courant qui a lieu alors persévère très-long-temps, ce qui prouve que le mélange des deux acides se fait difficilement et qu'il est retardé par l'action capillaire du platine sur l'acide sulfurique; quand l'acide nitrique est remplacé par de l'eau distillée, le mélange se fait assez promptement et le courant disparaît immédiatement après.

Ces expériences nous prouvent l'utilité des éponges métalliques pour retarder les actions chimiques et s'emparer en même temps d'une des deux électricités *qui se dégagent à l'instant où elles ont lieu.*

Une éponge de platine imbibée d'acide oxalique et plongée dans l'acide nitrique produit un courant qui *va du dernier à l'autre.*

Je doute que la chimie possède un procédé plus sensible pour déterminer le genre d'action dont il est ici question.

§ 9. *De la mesure de l'action capillaire.*

Nous terminerons ce Mémoire en indiquant un moyen d'apprécier le rapport des actions capillaires. Supposons que l'on veuille trouver de quelle manière deux acides se comportent à l'égard d'une éponge de platine que l'on y plonge : on fixe à chaque extrémité du fil du

galvanomètre une éponge de platine; les deux éponges sont aussi semblables que possibles. Ensuite l'on prend deux petits vases en platine que l'on pose sur une lame du même métal; l'on verse dans l'un un acide et dans le second un autre, puis l'on plonge en même temps chaque éponge dans un des vases; il y a ordinairement un courant électrique qui va du vase où l'action a été la plus forte à l'autre; l'on voit alors de quel côté l'action capillaire a eu le plus d'énergie. C'est en opérant ainsi que l'on trouve une action capillaire plus grande sur le platine de la part de l'acide hydro-chlorique que de l'acide nitrique.

Une partie des faits que je viens d'exposer prouvent qu'avec certaines précautions l'on peut observer les plus petits changemens qui surviennent dans les actions chimiques; changemens qu'il est important de connaître quand on veut remonter à l'origine des phénomènes. Dans ce Mémoire je ne me suis proposé que de donner un aperçu rapide des phénomènes électriques qui se passent dans diverses attractions moléculaires, à de petites distances. Toutes mes recherches ultérieures ne tendront qu'à montrer cette vérité, que là où il y a attraction moléculaire, il se produit des courans électriques susceptibles d'être rendus sensibles à l'aide du galvanomètre. Quand les faits seront bien établis, il restera une tâche difficile à remplir : ce sera de les mesurer.

SUR *la Relation qui existe entre les proportions chimiques et la forme cristalline.*

QUATRIÈME MÉMOIRE. *Sur la Production artificielle des minéraux cristallisés.*

PAR Mr E. MITSCHERLICH.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, à Berlin.)

LES montagnes primitives de notre terre, dont la forme suppose nécessairement un état fluide, ont-elles été dissoutes dans l'eau ; ou la température de notre globe a-t-elle été tellement élevée, que les substances qui forment nos montagnes primitives ont été liquides ? On a répondu à cette question différemment, et on a tâché de soutenir ces réponses à mesure que les observations géologiques et les recherches sur les combinaisons chimiques qui composent la terre se sont développées. De nouvelles observations et la découverte de lois inconnues dans la chimie et la minéralogie doivent en même temps ouvrir un nouveau champ à des spéculations et à des observations dans la géologie. Parmi les découvertes de notre temps il n'y en a certainement aucune qui ait exercé une plus grande influence sur la minéralogie que celle des proportions déterminées, et surtout que le résultat des recherches de M. Berzelius, que les combinaisons chimiques que la nature produit sont formées d'après les lois qu'il avait découvertes pour les combinaisons artificielles ; résultat qui a entièrement fait changer de face à cette science et a exigé un nouveau système

de minéralogie dans lequel les combinaisons chimiques naturelles se rangent à côté des combinaisons artificielles; ce qui confirme encore les lois de la cristallographie, qui sont les mêmes dans les unes et dans les autres.

On a reproché aux chimistes qui cherchent à retrouver dans les combinaisons naturelles les lois que suivent les combinaisons artificielles, que la chimie sait décomposer les minéraux, mais qu'à la formation de ces combinaisons, des lois de la nature ont été en activité, que l'art tâchera en vain de reproduire; mais ce reproche est faux. L'affinité chimique qui agit dans les combinaisons artificielles est une force de la nature, de même que l'affinité qui règle la composition des combinaisons naturelles; l'affinité chimique, en général, est une qualité de la matière : on a confondu, dans ce reproche, des circonstances modificatives avec des lois. Le chimiste réfutera bien aisément ce reproche s'il peut composer les minéraux de leurs élémens et produire des combinaisons artificielles qui ressemblent, dans tous leurs caractères, aux minéraux mêmes. De telles recherches répandront en même temps une nouvelle lumière sur les recherches géologiques; on reproduira de cette manière beaucoup de phénomènes qui ont eu lieu à la formation de la terre; on répétera les observations géologiques par des essais, que l'on peut disposer à volonté pour confirmer ces observations, et on cherchera à retrouver dans la nature même celles que l'on a faites dans le laboratoire; recherches qui sont cependant d'une grande valeur, parce qu'on peut les disposer et arranger arbitrairement d'après la spéculation que l'on poursuit.

L'importance de tels essais m'excusera aujourd'hui si j'ose en soumettre à l'Académie quelques résultats qui démontrent suffisamment qu'on peut composer artificiellement les minéraux avec tous leurs caractères, mais qui cependant n'ont pas reçu le degré nécessaire de perfection pour qu'ils répondent aux espérances que l'on doit concevoir de pareils essais.

M. Berzelius a démontré, dans son *Système chimique de Minéralogie*, que la plus grande partie des combinaisons chimiques qui composent notre terre, et surtout les montagnes primitives, sont analogues aux sels et aux sels doubles, et que, dans ces combinaisons, la silice, l'acide carbonique et le fer oxidé jouent le rôle d'acides; la silice se combine avec l'alumine, la chaux, la magnésie, le protoxide et le peroxide de fer, le protoxide de manganèse, la potasse et la soude, en formant avec ces bases, soit des sels simples, soit des sels doubles, dans des proportions déterminées à différens degrés de saturation; l'acide carbonique est combiné avec la chaux et avec la magnésie, et le peroxide de fer avec le protoxide.

Le but que l'on doit se proposer dans ces essais, dont je viens de parler, est de rechercher le rapport de ces bases aux trois acides. Nous nous trouvons heureusement secondés dans cette tâche par une branche de l'industrie nationale; car l'extraction complète de la plupart des métaux dépend du rapport de la silice aux bases susmentionnées, des degrés de saturation auxquels la silice peut se trouver avec elles, du plus ou du moins d'affinité avec laquelle ces bases se combinent avec la silice, et enfin des qualités chimiques des combinaisons.

formées. Il est nécessaire pour le métallurgiste qu'il tâche, pour atteindre complètement son but, de produire, à mesure que les minéraux diffèrent, des combinaisons chimiques différentes des substances qui composent les minéraux, mais toujours en proportions déterminées, soit en ajoutant une substance étrangère, soit en réglant la fusion par le choix des minéraux; les combinaisons que le métallurgiste produit ainsi sont à l'ordinaire des minéraux que l'on a déjà trouvés dans la nature, quelquefois des espèces nouvelles.

Dans un voyage en Suède, j'ai observé à Fahlun, où j'ai fait des recherches sur les minéraux, les scories et en général sur l'extraction du cuivre, pour me former une idée précise de cette opération, non-seulement quelques cristaux bien prononcés dans les scories; mais j'ai trouvé de plus que toute la masse de la scorie avait une texture cristalline et que les cristaux et les joints des scories à texture lamelleuse restaient les mêmes à différentes époques de la fusion, pourvu seulement que la manière d'opérer du métallurgiste restât la même. La recherche de la figure cristalline de la scorie montra bientôt qu'elle était celle d'un minéral qui a une composition analogue à celle de la scorie. Après avoir fait cette observation, j'ai trouvé presque à chaque fonte que j'ai vue en Suède des combinaisons cristallines différentes, qui ressemblent à des minéraux. C'est ainsi que j'ai trouvé, à Fahlun, du silicate et du bisilicate de protoxide de fer; à Garpenberg, du mica, et plusieurs fois du pyroxène. Ces combinaisons n'ont pas seulement les mêmes figures cristallines, mais aussi tous les autres caractères des minéraux correspondants.

J'ai suivi depuis mon retour de la Suède ces recherches ; j'ai analysé les produits que j'avais trouvés, et l'analyse a confirmé ce que l'extérieur faisait soupçonner ; j'ai surtout pu augmenter mes observations par des voyages dans différentes usines de l'Allemagne, et de plus j'ai été bien secondé dans mes recherches par mes amis ; de manière que je possède maintenant plus de quarante espèces différentes de combinaisons chimiques cristallisées et produites par la fusion, dont la plupart sont des minéraux déjà connus ; quelques-uns sont des espèces nouvelles que l'on n'a pas encore rencontrées dans la nature (1).

J'omets la description et l'énumération des espèces, et je préfère de soumette à l'Académie les échantillons mêmes.

---

(1) Par exemple, le sous-silicate de protoxide de fer, le silicate de protoxide de fer, celui de protoxide de fer et de chaux, celui de magnésie et de chaux (ces silicates ont la forme primitive et les formes secondaires du péridot) ; le bi-silicate de protoxide de fer, celui de protoxide de fer et de chaux, ceux de magnésie et de chaux, dans lesquels (j'en possède de différens hauts fourneaux) le rapport de la magnésie et de la chaux est très-variable ; ces bi-silicates ont la forme primitive et les formes scondaires du pyroxène ; le tri-silicate de chaux, le tri-silicate de chaux et de manganèse, le mica, le protoxide de cuivre, l'oxide de zinc, le deutoxide de cuivre, le fer oxidé (*ferroso-ferricum*), le sulfure de fer, celui de zinc, celui de plomb, l'arséniure de nickel et beaucoup d'autres substances en cristaux bien prononcés.

Cependant, pour montrer le rapport que les observations dont j'ai parlé ont avec la minéralogie, la géologie et l'exploitation des mines, je vais choisir deux corps, le silicate de protoxide de fer et le mica, afin que je puisse montrer, par la description de leurs caractères et de leur composition, et par la manière dont ils se forment, la place qu'ils occupent dans nos spéculations.

Silicate de fer.

Cette substance, qui joue un grand rôle dans l'extraction du cuivre et dans l'affinage du fer, se trouve très-souvent en cristaux bien prononcés; j'en possède beaucoup d'échantillons de différents endroits. J'ai choisi pour l'analyse des cristaux isolés que je possède, d'un demi-pouce de diamètre; ces cristaux, porphyrisés et lavés, se décomposent facilement; traités par l'acide hydrochlorique, la silice reste indissoute, et la dissolution contient du protoxide de fer, car elle donne un précipité verdâtre avec l'ammoniaque. Les cristaux que j'ai obtenus de la fonte du cuivre contiennent mécaniquement un peu de sulfure de fer et de cuivre. J'ai analysé des cristaux de plusieurs échantillons en suivant les méthodes de M. Berzelius.

Les cristaux de la fonte de cuivre contenaient, après en avoir décompté le sulfure de fer et de cuivre (1) et une petite perte, sur 100 parties :

(1) Si l'on a une dissolution de protoxide de fer et de cuivre, il se précipite, si l'on traite la dissolution par l'ammoniaque, toujours un peu de cuivre avec le fer. Pour l'ob-

69,07 peroxide de fer;
30,93 silice.

Des cristaux qui se sont formés dans l'affinage du fer contenaient :

31,16 silice;
67,24 protoxide de fer;
0,65 magnésie.

99,05.

J'ai analysé plusieurs autres cristaux obtenus tant dans l'extraction du cuivre que dans l'affinage du fer; ils ont tous donné un résultat semblable : des cristaux qui s'étaient formés dans un haut fourneau contenaient 12 p. % de chaux; cependant la quantité de silice et celle de protoxide de fer étaient dans un tel rapport, que la quantité d'oxigène de la chaux et du protoxide était précisément la même que celle de la silice.

La scorie qui se forme dans l'extraction du fer célèbre d'OEsterby a encore la même forme cristalline que les cristaux dont je viens de parler; elle ne contient que du silicate de magnésie mêlé avec du silicate et

---

tenir, il faut dissoudre le précipité dans l'acide hydrochlorique, et traiter la dissolution par l'hydrogène sulfuré, qui change le peroxide de fer en protoxide et précipite du sulfure de cuivre. On obtient de cette manière un mélange de soufre et de sulfure de cuivre, dont on peut bien facilement séparer le cuivre lui-même.

du bi-silicate de chaux. J'entrerai plus en détail sur cette scorie dans une partie de ce Mémoire où je m'occuperai de l'extraction du fer des minéraux.

Il suit de ces analyses que les substances qui ont la forme cristalline de cette combinaison sont des silicates de protoxide de fer, si l'on ne peut s'attendre d'après la nature de l'opération à d'autres bases qu'au fer oxidé, et il s'ensuit que la silice contient dans cette combinaison autant d'oxigène que le protoxide de fer; si l'on calcule d'après ce rapport la quantité de la silice et de l'oxide de fer, on aura dans 100 parties :

31,16 silice;
68,84 protoxide de fer.

Le clivage des cristaux se fait bien facilement d'après le plan *P*, fig. 1; il s'exécute difficilement d'après le plan *T*, et on ne l'obtient que très-rarement parallèle au plan *M*. Tous ces trois plans sont perpendiculaires l'un sur l'autre; ces joints, la symétrie des plans secondaires et leur rapport donnent pour figure primitive de ces cristaux un prisme droit à base rectanguluire.

On conçoit le parallelisme des plans dans les figures ajoutées : *n* fait avec *n*, d'après le terme moyen de plusieurs mesures, un angle de 130° 28'; et la tangente de la moitié de l'angle que *s* fait avec *s* est à celle de la moitié de l'angle que *n* fait avec *n* comme 1 : 2, *k* fait avec *k* un angle de 81° 24'. Nous n'avons dans les minéraux qu'une seule combinaison de la silice avec des bases isomorphes, contenant pour un atome de métal deux atomes d'oxigène, dans laquelle la

quantité d'oxigène de la silice et de la base soit la même; cette combinaison est le peridot, qui est un silicate de magnésie avec lequel une quantité de silicate de protoxide de fer s'est combinée.

Si nous comparons les joints du peridot avec ceux de ces cristaux, nous les trouvons les mêmes; la valeur des angles est aussi rapprochée qu'on le peut attendre dans deux substances dont les faces, quoique bien prononcées, n'admettaient cependant pas la dernière exactitude à laquelle on peut atteindre avec le goniomètre à réflexion.

Les angles que les faces du silicate de protoxide de fer et que celles du péridot font entr'elles sont les suivans, d'après le terme moyen de quelques mesures que j'ai faites avec le goniomètre à réflexion.

	Dans le péridot.		Dans le silicate de fer.	
$n:n$	= 130	26	= 130	28.
$n:T$	= 114	47	= 114	46.
$k:k$	= 81	17	= 81	24.
$k:P$	= 130	38½	= 130	42.
$P:T$	= 90		= 90.	
$s:s$	= 94	34	= 94	36.
$s:T$	= 132	43	= 132	42.

Il suit de cette comparaison que la forme cristalline que nous avons décrite appartient aux silicates des bases isomorphes à deux atomes d'oxigène pour un de métal.

La dureté et l'aspect brillant du peridot se retrouvent encore dans les cristaux artificiels.

Théorie de l'extraction du cuivre.

Je possède trois combinaisons de la silice avec le protoxide de fer : le sous-silicate, le silicate et le bi-silicate ; je connais encore un tri-silicate de chaux et un tri-silicate de chaux et de manganèse cristallisés, et je ne doute pas qu'il n'existe aussi un tri-silicate de protoxide de fer. Les trois combinaisons de la silice sus-mentionnées montrent des phénomènes différens si on les fond avec du charbon : le sous-silicate abandonne la moitié de son protoxide de fer, qui est réduit à l'état métallique et devient silicate de fer à un degré de chaleur qui suffit pour fondre la fonte de fer. Le silicate et le bi-silicate ne se réduisent pas à une telle température. C'est en formant le bi-silicate et le silicate de protoxide de fer, et en évitant le sous-silicate, que le métallurgiste retire le cuivre des minéraux avec lequel il est combiné et mêlé.

Je vais décrire le procédé dont on se sert à Fahlun, auquel ressemblent tous les procédés par lesquels on retire le cuivre du sulfure de cuivre, qui contient en même temps du sulfure de fer et du quartz ou seulement du sulfure de fer; car dans ce dernier cas on ajoute du quartz ou une substance qui soit très-riche en silice aux sulfures grillés.

Le procédé à Fahlun se partage en deux opérations : par la première on obtient du sulfure de fer mêlé avec du sulfure de cuivre et une scorie qui contient toute la quantité du quartz et des autres minéraux terreux qui l'accompagnent, et une grande quantité de sulfure de fer grillé.

La fonderie que j'ai fréquentée à Fahlun avait, en

général, deux sortes de minéraux : une sorte contient beaucoup de quartz et fort peu de sulfure de cuivre et de fer ; l'autre ne contient presque que du bi-sulfure de fer et du sulfure de cuivre.

On grille d'abord ces deux sortes : le bi-sulfure de fer se change pour la plus grande partie en oxide de fer (*oxydum ferroso-ferricum*), une petite quantité en sulfate de fer, une autre reste indécomposée ; le sulfure de cuivre se change vraisemblablement en sulfate de cuivre. Outre ces deux sortes de minéraux grillés le métallurgiste emploie encore en fort petite quantité une scorie qui est un silicate de fer, pour rendre la fusion plus facile. L'ouvrier connaît, par expérience, combien il doit ajouter de la sorte qui contient beaucoup de quartz à celle qui n'en contient que fort peu pour produire une bonne scorie. Il prend, pour une partie de sorte quartzeuse, environ trois parties de sulfure grillé. Si l'ouvrier a commencé l'opération, il observe la scorie et juge, d'après les qualités qu'elle montre, s'il doit ajouter plus de sulfure grillé (qui est la base dans le silicate qui forme la scorie), ou plus de la sorte quartzeuse (qui contient l'acide, la silice) ; et, guidé ainsi par un œil exercé et formé par l'expérience, l'ouvrier entretient dans la scorie un tel rapport de la silice au protoxide de fer que la scorie soit toujours un bi-silicate de protoxide de fer : cette scorie est feuilletée et parfaitement homogène ; sa forme cristalline primitive et ses formes secondaires sont celles du pyroxène. Outre cette scorie, le métallurgiste obtient les mattes qui contiennent du sulfure de cuivre et du sulfure de fer. Il arrive quelquefois que les minéraux sont trop grillés, de manière qu'il

existe trop peu de sulfure de fer pour rassembler toute la masse de sulfure de cuivre répandue dans la scorie fondue; le métallurgiste ajoute, dans ce cas, du bi-sulfure de fer non grillé. Les mattes que l'on obtient par cette opération consistent en sulfures de fer et de cuivre mêlés en petite quantité avec quelques autres sulfures. On grille les mattes six fois; j'ai trouvé dans ces mattes grillées seulement une trace de soufre : elles sont attirées par l'aimant, et elles ont l'extérieur d'une masse fondue et ressemblent au fer oxidé (*ferroso-ferricum*). Toute la masse a une apparence cristalline, et quelquefois on aperçoit de petits octaèdres; porphyrisée elle se dissout dans l'oxide hydrochlorique et consiste, d'après une analyse que j'en ai faite, en une combinaison de peroxide de fer, de protoxide de fer et de cuivre oxidé.

Il suit de la composition des scories et des mattes que le bi-sulfure de fer grillé ou le fer oxidé (*ferroso-ferricum*) a été réduit, par les charbons, en protoxide, et s'est combiné avec la silice, avec laquelle il a formé un bi-silicate; le sulfate de cuivre qui s'est formé pendant le grillage s'est réduit en sulfure, qui s'est combiné avec une quantité de sulfure de fer non décomposé pendant le grillage, avec lequel il forme les mattes.

Si l'on veut séparer le cuivre des mattes grillées, on se sert aussi, dans cette opération, de la silice, avec laquelle on combine le fer oxidé; on obtient, par cette opération, le silicate de fer dont je viens de décrire la forme cristalline et du cuivre brut : on fait cette opération en ajoutant, soit du quartz, soit de cette sorte de minéraux qui sont bien riches en quartz, soit du bi-silicate obtenu à la première opération; car le bi-silicate

peut encore se combiner avec une quantité de protoxide de fer égale à celle qu'il contient. L'oxide de fer (*ferroso-ferricum*) se réduit, dans cette fusion, en protoxide et se combine tout entier avec la silice, et l'oxide de cuivre se réduit à l'état métallique.

L'ouvrier est aussi guidé, dans cette opération, par son œil exercé; l'apparence et les qualités de la scorie fondante lui montrent s'il faut ajouter de la base, c'est-à-dire, des mattes grillées; ou de l'acide, c'est-à-dire, du quartz, pour conserver un rapport déterminé entre la silice et le protoxide de fer.

J'ai trouvé, au Harz, une meilleure occasion d'étudier l'affinage de cuivre qu'à Awestad; on y tâche principalement de séparer l'arsenic et l'antimoine du cuivre : ces deux corps forment des oxides volatils que l'on produit en fondant le cuivre dans des bassins particuliers. Le cuivre fondu étant exposé à l'air des soufflets, l'arsenic, l'antimoine et une partie de cuivre se combinent avec l'oxigène de l'air. Le cuivre oxidé est très-facilement fusible et montre en général tous les caractères du protoxide de cuivre qui se trouve dans la nature. Les cristaux du protoxide qui se trouvent dans la scorie de l'affinage ont aussi la même forme cristalline que le minéral. La scorie de l'affinage du cuivre ne contient presque que du protoxide de cuivre, dans lequel on trouve dispersés de grands cristaux d'acide arsénieux; mais je n'y ai pas trouvé d'oxide d'antimoine.

Je n'ai pu donner, par cette description, qu'une vue théorique de l'extraction du cuivre, fondée sur une base chimique; j'ai négligé exprès quelques détails : j'ai voulu montrer principalement que, dans toutes ces opé-

rations, la silice se comporte parfaitement comme un acide.

J'espère pouvoir détailler plus encore, dans une autre partie de ce Mémoire, le rapport de la silice aux bases, et montrer que les silicates fondans se comportent parfaitement comme les sels ordinaires, c'est-à-dire que les bases plus fortes, par exemple la soude, la potasse, la chaux, la magnésie, séparent les bases plus faibles, comme le protoxide de fer. Les décompositions chimiques qui ont lieu dans les hauts fourneaux dépendent de ces affinités, et la nature et les qualités du fer dépendent de la formation des silicates, de leur état de saturation et de leur décomposition. J'entrerai alors dans plus de détails sur la théorie qui nous explique les phénomènes chimiques qui ont lieu dans l'affinage du fer; cependant je vais rapporter ici de cette théorie autant qu'il est nécessaire pour concevoir la formation du silicate de protoxide de fer.

On a un double but dans l'affinage du fer; on veut d'abord séparer la plus grande partie du carbone, qui est combinée avec le fer dans la fonte, et puis, ce qui est le plus difficile, séparer du fer toutes les substances qui peuvent donner au fer forgé de mauvaises qualités. Les produits que l'on obtient à l'affinage sont du fer forgé et du silicate de protoxide de fer, qui se présente, à l'ordinaire, cristallisé. Si l'on fond ensemble de la fonte de fer et de l'oxide de fer, on obtient du fer de forge; car l'oxigène du fer oxidé se combine avec le carbone du fer de la fonte et forme de l'oxide de carbone: on peut de cette manière se procurer du fer parfaitement exempt de carbone. L'affineur se sert à-peu-près de la

même méthode : il commence son opération en oxidant une partie de la fonte ; ce fer oxidé se combine avec la silice, qui a été mêlée, comme sable, avec les charbons, ou s'est formée par l'oxidation de la fonte, qui contenait du silicium, ou a été fournie par les charbons, ou ajoutée quelquefois exprès par l'affineur, et de cette combinaison résulte un silicate. Si une plus grande partie de la fonte se combine avec l'oxigène, le fer oxidé ôte le carbone à la fonte de la manière que je viens d'exposer, ou se combine avec le silicate, avec lequel il forme un sous-silicate qui, étant très-fusible, se mêle intimement avec la fonte et lui ôte son carbone, parce que la moitié du protoxide de fer se réduit à l'état métallique et qu'un silicate de protoxide se forme.

Mica de Garpenberg.

On trouve cette substance parmi les scories des environs du château de Garpenberg, provenant de fontes antérieures ; on a dernièrement changé plusieurs fois le procédé de fusion, et la période dans laquelle le mica s'est formé n'a duré que quelques années. Cette substance se fond facilement au chalumeau, aussi-bien que toutes les autres scories produites pendant le travail du cuivre, de manière qu'il n'existe aucun doute qu'elle n'ait été fondue dans le fourneau.

Les scories forment une masse homogène de feuilles accumulées de mica : ces feuilles ont la grandeur de 2 à 3 lignes ; elles se fendent facilement et elles ont une texture lamelleuse ; leur splendeur, leur dureté, leur transparence sont celles du mica ; en un mot, elles ont tous les caractères du mica naturel. On aperçoit encore,

dans les cavités de la scorie qui se sont formées par le refroidissement, des tables hexaèdres transparentes.

100 parties de cette substance m'ont donné, dans une analyse :

47,31	silice ;
5,74	alumine ;
28,91	peroxide de fer ;
0,48	peroxide de manganèse ;
6,23	chaux ;
10,17	magnésie ;
1,05	potasse.
99,89.	

Le mica contient encore une petite quantité de sulfure de fer mécaniquement combiné. La poudre de ce mica, porphyrisée et lavée, se décompose par l'acide hydrochlorique, et la solution donne avec l'ammoniaque un précipité rouge; le fer s'y trouve par conséquent comme peroxide; le minéral est cependant à peine attaqué par les acides, et j'ai dû employer du nitrate de baryte pour le décomposer complètement.

Si l'on compare cette analyse avec celles du mica faites par Klaproth et M. Rose, on verra que notre minéral ne s'éloigne pas beaucoup du mica noir de Sibérie, qui contient, d'après Klaproth :

42,0	silice ;
11,05	alumine ;
10,0	potasse ;
22,0	peroxide de fer ;
9,0	magnésie ;
2,0	manganèse oxidé.

Il se distingue par une moindre quantité de potasse et une plus grande de chaux.

Le mica, qui fait une partie de nos montagnes primitives, me donne l'occasion de combiner quelques réflexions géologiques avec les observations dont j'ai fait mention.

La production artificielle par la fusion, des minéraux qui composent nos montagnes primitives, paraît mettre hors de tout doute la théorie que nos montagnes primitives ont été auparavant une masse fondue. Un tel état fluide donne une explication aisée de la figure de la terre, de l'accroissement de la température dans la profondeur, des sources chaudes, et de beaucoup d'autres phénomènes. Quant à cette théorie, je m'en rapporte à M. Laplace, qui en est convaincu sans se baser sur les raisons que la chimie nous offre. Je veux cependant faire mention de quelques phénomènes, pour montrer avec quelle facilité on peut expliquer beaucoup de phénomènes chimiques dans la géologie en suivant cette théorie.

Les montagnes primitives sont répandues partout sur la terre; il s'ensuit nécessairement que les corps qui ont composé la surface de la terre ont participé à la température que les montagnes primitives ont eue à la période où elles ont été fluides. Cette circonstance modifie différemment les affinités chimiques des corps. L'eau de la mer doit avoir été à la même température que les montagnes primitives. La température à laquelle l'eau bout dépend de la pression de l'atmosphère, et si la température de la terre augmente, nous n'avons besoin de diminuer la hauteur moyenne de la mer que de 32 pieds pour avoir une pression d'une atmosphère de

plus, et c'est par cette pression que le degré de la température à laquelle l'eau bout sera aussi plus élevé. M. Laplace juge de la hauteur de la mer pendant le flux et reflux, que la profondeur moyenne de la mer est à-peu-près de 96,000 pieds. Supposons que trois quarts de cette masse d'eau se soient changés en vapeur, la pression de cette vapeur sera à-peu-près égale à 2250 atmosphères, et cette pression doit augmenter tellement le degré de chaleur auquel l'eau entre en ébullition que les montagnes primitives peuvent être en fusion sans que l'eau dont elles sont couvertes bouille; car l'eau qui ne s'est point changée en vapeur et dont la quantité est un quart de toute la masse d'eau, d'après la supposition que nous venons de faire, couvrira la terre entière, parce que l'eau se dilate en proportion croissante si la température s'élève, et parce que la dilatation de l'eau est beaucoup plus grande que celle de la masse de nos montagnes primitives; et par conséquent, d'après cette supposition, nos montagnes primitives se sont refroidies, couvertes d'eau rouge. La grande pression de tant d'atmosphères modifie nécessairement les affinités réciproques des substances qui composent les montagnes primitives.

Les montagnes primitives se distinguent des productions volcaniques, parce que la chaux et la magnésie, qui dans les montagnes primitives sont combinées avec l'acide carbonique, forment avec la silice des silicates et bi-silicates. Il est nécessaire que la silice, qui à la pression ordinaire et à une température élevée chasse l'acide carbonique, n'exerce aucune influence à la pression de tant d'atmosphères, et il n'est pas surprenant qu'on

trouve des cristaux de quartz dans le marbre de Carrare. Dans les productions volcaniques, cette pression n'existait plus, et on doit y trouver les mêmes phénomènes que nos laboratoires et les opérations métallurgiques présentent. On peut très-bien expliquer en suivant cette théorie que les montagnes primitives contiennent du gypse et des carbonates et qu'il se trouve de l'eau dans le quartz. Et quant à ce dernier phénomène, le détail des essais de M. Davy sur cet objet confirme encore la théorie que je viens d'exposer. Cette théorie se modifie par les essais de M. le baron Cagniard-de-la-Tour : il suit de ces recherches que toute la masse d'eau de la terre n'a formé, à une température à laquelle nos montagnes primitives ont été liquides, qu'un fluide élastique qui, là où il a touché les montagnes primitives, a été très-condensé par la pression de sa propre masse. Mais cela n'est qu'une modification : l'explication des phénomènes chimiques dans les montagnes primitives reste la même.

On peut expliquer de la même manière un autre phénomène qui se rapproche plus de l'état actuel de notre globe. Une grande série d'observations demande, pour être suffisamment expliquée, une hauteur de la mer plus élevée que celle que la mer a maintenant. L'eau de la mer se dilate, si la température s'élève, plus que la terre. En admettant que la surface de la terre ait une température de 80° R., et que la profondeur moyenne de la mer soit de 96,000 pieds, la hauteur de la mer serait alors de 4000 pieds plus grande qu'elle n'est maintenant. Si l'on suppose, ce que l'on peut faire sans commettre une grande erreur, que la dilatation des montagnes primitives

soit égale à celle du verre, et qu'elles aient été à une température de 200° et même à une température beaucoup plus basse, l'eau de la mer couvrira les montagnes secondaires sur lesquelles nous trouvons les restes des habitans de la mer. Cette explication de la hauteur antérieure de la mer paraît bien simple, parce que la température élevée de la terre peut être résultée ou de son état primitif de liquidité, ou d'une révolution géologique qui a détruit en même temps les êtres organiques d'une période antérieure.

Si les montagnes primitives et si les formations volcaniques ont été fluides et ont cristallisé en refroidissant, il est nécessaire que nous retrouvions en elles les mêmes phénomènes et les mêmes lois que nous observons encore maintenant. Si un corps fluide devient solide en refroidissant, de tels phénomènes se modifient différemment d'après la nature chimique des corps et d'après les formes cristallines qu'ils adoptent en refroidissant; mais les lois restent toujours les mêmes. Je possède quelques échantillons qui expliquent plusieurs phénomènes que le basalte et les productions volcaniques montrent si souvent. Je ne possède pas de basalte artificiel qui ressemble au basalte colonniforme; les scories de Sahla cependant ressemblent si parfaitement au basalte, qu'elles trompent l'œil le plus exercé, surtout parce que leurs cavités contiennent des cristaux de pyroxène. Mais j'ai trouvé à Fahlun un bi-silicate de protoxide de fer, qui a par conséquent une composition analogue à celle du basalte et qui a des joints bien prononcés. On aperçoit dans cette scorie, que les joints, qui sont parallèles à l'axe du prisme et aux plans latéraux des cris-

taux, sont toujours perpendiculaires au plan du refroidissement; on remarque cela surtout dans un échantillon que j'ai dessiné figure 5, et que l'on a obtenu en fondant la scorie dans une forme; la scorie avait en cristallisant plusieurs plans de refroidissement, et on voit dans la scorie même, encore mieux que je n'ai pu le montrer dans le dessin, que les joints sont perpendiculaires à chaque plan de refroidissement. Les plans de séparation dans le basalte présentent précisément le même phénomène que cette scorie.

Nous pouvons observer dans le soufre, mieux que dans tout autre corps, les phénomènes qui ont lieu si un corps fluide cristallise; tous les corps fluides cependant, et même l'eau, en gelant, présentent les mêmes phénomènes.

Si un corps fluide a refroidi jusqu'au point où il commence à devenir solide, par exemple, le soufre dans un vase rond, une croûte de soufre ne se couche point sur la surface du vase refroidi et une autre croûte sur celle-ci, comme on devait l'attendre; mais, tout au contraire, si un cristal s'est formé sur un point de la surface intérieure du vase, le cristal grandit en croissant suivant son axe, et la masse qui entoure le cristal reste liquide et refroidit quelquefois sans que ses molécules soient arrangées de la même manière que le cristal déjà formé. En examinant la masse refroidie on aperçoit qu'elle montre une texture lamelleuse où le cristal s'était formé, et que la masse qui l'entourait ne montre pas au même degré cette texture. Cela nous explique comment les filons du

granite à gros grains traversent un granite à petits grains, et d'autres observations de ce genre.

Cette observation nous explique encore un autre phénomène. Si la moitié de la masse liquide est devenue solide et si l'on décante le fluide, on obtient des cristaux isolés, qui s'étaient formés dans la masse fluide. Si l'on ne décante pas la masse liquide et si on la laisse refroidir lentement, elle se contracte, ce qui a lieu dans la plupart des corps, et la contraction produit le même effet que la décantation ; de petites cavernes se formeront par le fluide qui se retire et les cavernes seront traversées et couvertes de cristaux bien prononcés. Nous observons aussi ce phénomène dans les géodes des montagnes primitives et volcaniques, dans lesquelles les cristaux qui s'y trouvent appartiennent aux substances qui composent les montagnes mêmes, et ne forment qu'une masse continue avec la montagne (1).

(1) A mon arrivée à Paris, M. Berthier a bien voulu me montrer les résultats d'un grand nombre de recherches qu'il avait faites sur la fusibilité des silicates. Quelques-uns des silicates fondus étaient cristallisés et avaient les mêmes formes cristallines, les mêmes angles et les mêmes caractères essentiels que les minéraux qui ont une composition chimique analogue. M. Berthier, pour citer seulement quelques exemples, a fondu dans un creuset, de la silice, de la chaux et de la magnésie dans la proportion nécessaire pour en faire un bi-silicate dans lequel la quantité d'oxigène dans la chaux et la magnésie fût la même; et dans une autre expérience, il a fondu les mêmes substances dans une telle proportion que l'oxigène de la magnésie dans le bi-silicate était à l'oxigène

Sur *la Pierre de touche*.

Par M. Vauquelin.

J'ai publié, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tom. xxi, page 317, l'analyse de différentes variétés de pierre de touche, que l'analogie de composition m'avait fait regarder comme ne formant qu'une seule espèce. Depuis, une pierre de touche s'étant cassée par accident, j'ai été curieux de la comparer à celles dont j'ai parlé précédemment, et elle m'a présenté,

---

de la chaux comme deux à un : ces deux expériences ont donné des pyroxènes dont nous trouvons les correspondans dans la nature ; le premier est le pyroxène ordinaire, le second se trouve en Finlande, et a été analysé par M. Nordenskioeld. Les cristaux du silicate de manganèse, que je n'avais pas encore observés, obtenus par M. Berthier en fondant du carbonate de manganèse avec de la silice, sont surtout très-remarquables. Les cristaux de cette combinaison sont très-bien prononcés et les mêmes que ceux du silicate de fer, que je viens de décrire, et que ceux du péridot.

Un péridot, qui contient un peu plus de fer, se trouve dans les produits volcaniques du Brisgaw ; il a été décrit par M. Walchner. Sa forme cristalline est la même que celle du silicate artificiel. On trouve aussi dans ce minéral quelques faces secondaires que l'on n'a pas encore observées dans le silicate artificiel. Je les ai dessinées d'après les cristaux que M. le comte de Bournon a bien voulu me confier pour les examiner : la figure 6 représente le rapport réciproque des faces secondaires, observées jusqu'ici dans les silicates, qui ont pour base un acide qui contient deux atomes d'oxigène.

comme on le verra plus bas, des différences assez remarquables.

Cependant, on ne pourrait guère les distinguer par les propriétés physiques : c'est la même couleur, le même grain; celle-ci diffère seulement par la pesanteur et son action sur le barreau aimanté.

La pierre de touche que j'examine aujourd'hui est attaquée avec effervescence et odeur de gaz hydrogène par l'acide muriatique, tandis que les autres pierres ne l'étaient pas sensiblement; elle perd au moins quarante pour cent dans cette opération.

Le gaz que l'on obtient de cette pierre, traitée par l'acide muriatique, est l'acide carbonique, ce qui annonce l'existence d'un carbonate; mais une chose remarquable, c'est que la portion insoluble et qui ne forme plus que les 60 centièmes de la pierre employée est aussi noire que la pierre entière, preuve que le fer n'est pas le seul corps qui la colore. Le fer dissous par l'acide muriatique est à l'état de protoxide : la couleur de la liqueur et celle des précipités qu'y forment les alcalis le démontrent clairement.

La dissolution contient aussi de la chaux; mais la quantité est loin d'être suffisante pour saturer l'acide carbonique obtenu; en sorte qu'il est indubitable qu'une portion de cet acide est uni au fer ou au manganèse.

La partie de la pierre inattaquable par l'acide, chauffé avec la moitié de son poids de chlorate de potasse, a encore donné de l'acide carbonique, et la matière est devenue blanche, tandis que la pierre entière, soumise à la même épreuve, devient rouge. De là l'on peut con-

clure que la couleur de cette portion de la pierre est due à du charbon.

Indépendamment du fer et de la chaux trouvés dans la dissolution muriatique de la pierre de touche, nous y avons encore rencontré de l'alumine, de la magnésie, et de l'oxide de manganèse, ce dernier en quantité notable : cependant la totalité de l'alumine n'est pas dissoute par l'acide muriatique, une portion reste combinée ou mêlée avec la silice.

La pierre de touche entière, chauffée à l'état pulvérulent dans un tube de verre où l'on avait mis un morceau de papier teint avec le tournesol et mouillé, a produit un gaz qui a rougi le papier; mais en continuant la chaleur, un autre gaz survenu peu de temps après a rétabli la couleur bleue du papier. Pendant et après cette opération le tube exhale une odeur extrêmement sensible de bitume végétal, et la matière qui y est contenue répand, par le contact de l'acide muriatique, un gaz fétide qui noircit sur-le-champ l'acétate de plomb qu'on y plonge, étendu sur une bande de papier. Ce phénomène n'ayant pas lieu, avant l'action de la chaleur, sur cette pierre, il faut en conclure qu'il s'est formé un sulfure : il y a donc du soufre et du bitume dans cette variété de pierre de touche.

Cette pierre est composée, 1°. de silice, 2°. d'alumine, 3°. de protoxide de fer, 4°. de protoxide de manganèse, 5°. de magnésie, 6°. de chaux, 7°. de soufre, 8°. de charbon bitumineux, 9°. d'acide carbonique, 10°. d'ammoniaque ou d'une matière propre à former cet alcali. Je n'ai point rapporté les proportions de ces matières, les croyant très-variables, parce que c'est un

mélange, et non des combinaisons à termes fixes. Ce sont la silice et le fer qui en font la base : la première pour environ 56 centièmes, et le fer pour au moins 30 centièmes.

L'on remarque, entre la nature de cette pierre et celle des autres pierres dont j'ai précédemment donné l'analyse, une analogie sous quelques rapports ; mais on y voit aussi quelques différences dans le nombre des élémens, et surtout dans leurs proportions.

Nouvelles Observations *sur la Propriété dont jouissent certains corps de favoriser la combinaison des fluides élastiques.*

Par MM. Dulong et Thenard.

(Lues à l'Académie royale des Sciences le 3 novembre 1823, et imprimées, par extrait, dans le *Moniteur* du 12 du même mois.)

Depuis la lecture de la Note que nous avons eu l'honneur de soumettre à l'Académie à l'occasion du phénomène découvert par M. Doebereiner, le Mémoire que ce savant chimiste a publié sur cet objet est parvenu en France ; mais comme il ne renferme aucune théorie positive, nous avons continué nos recherches, dans l'espoir de découvrir le genre de forces auxquelles ce singulier phénomène doit être attribué. C'est le résultat de ces nouveaux essais que nous allons exposer.

A l'époque de notre première lecture, nous ne connaissions que le platine qui eût une action assez intense

sur le mélange détonant pour devenir incandescent, en partant de la température de l'atmosphère. Maintenant nous savons que le palladium, le rhodium, l'iridium se comportent de la même manière. L'osmium a besoin d'être porté à 40 ou 50°. Le nickel en éponge agit aussi, mais très-lentement, à la température ordinaire. M. Doebereiner avait remarqué avant nous l'effet de ce métal en poudre.

Nous n'avons encore trouvé d'action appréciable, aux températures ordinaires, que dans les substances précédentes; mais, à des températures plus ou moins élevées, inférieures cependant à celle de l'ébullition du mercure, tous les métaux ont une action plus ou moins énergique. Il est difficile de comparer exactement leur pouvoir, parce que l'étendue de la surface, l'épaisseur des fragmens et même leur configuration, modifient son intensité. Ainsi, l'or n'agit qu'à 280° en lames, à 260° en feuilles minces; tandis que, réduit en poudre fine, il détermine la combinaison à 120°.

Les métaux ne sont pas les seules substances dans lesquelles on remarque cette propriété. Le charbon, la pierre ponce, la porcelaine, le verre, le cristal de roche, déterminent aussi la combinaison des gaz hydrogène et oxigène à des températures moindres que 350°. Parmi les sels, le spath-fluor n'exerce qu'une action à peine sensible, et qui pourrait bien être due aux matières étrangères dont il est difficile de le trouver entièrement privé. Le marbre blanc ne paraît en avoir aucune au-dessous de cette même limite, que nous n'avons jamais dépassée.

Nous venons de dire que la configuration des corps

solides modifie leur action; en effet, nous avons observé une différence très-notable entre les quantités d'eau formées dans le même temps par des fragmens de verre, les uns anguleux et les autres arrondis : les surfaces étant à-peu-près égales de part et d'autre, les premiers ont produit un effet double de celui des seconds. M. Davy avait déjà signalé des combustions lentes d'hydrogène et d'hydrogène carboné à des températures supérieures, il est vrai, à celle de l'ébullition du mercure; mais il a considéré ces phénomènes comme résultant exclusivement de l'action mutuelle des fluides élastiques mélangés, et sans avoir égard à la nature des vases qui les contenaient. Nos observations prouvent, au contraire, que la combinaison s'effectue à une température différente pour chaque substance solide qui se trouve en contact avec le mélange combustible. Il paraîtrait que les liquides ne partageraient point cette propriété : du moins le mercure en ébullition ou près de l'ébullition ne produit aucun effet mesurable en six heures.

Jusqu'ici tous ces phénomènes manifestent une propriété commune à la plupart des corps solides métalliques ou non métalliques, simples ou composés; mais nous avons été conduits à reconnaître que, dans les métaux qui agissent à la température ordinaire, cette propriété n'est pas inhérente à ces corps; que l'on peut la faire disparaître et réparaître à volonté autant de fois qu'on le desire, tandis que rien ne prouve encore que les mêmes vicissitudes puissent naître des mêmes causes, dans ceux qui n'agissent qu'à des températures élevées.

La plupart de nos expériences ont été faites sur le

platine pris sous cinq formes différentes, savoir : en fil fin, en limaille, en feuilles minces, en éponges et en poudre impalpable.

Le fil que nous avons employé avait $\frac{1}{20}$ millim. d'épaisseur. Nous en avons formé des faisceaux ou écheveaux de cent tours environ, pour ralentir le refroidissement qui aurait été trop prompt avec un seul fil. Cette disposition a toujours été la même dans toutes les expériences.

Le fil de platine neuf, à la température de l'atmosphère, ne s'échauffe point lorsqu'on le place sous un courant d'hydrogène qui se répand dans l'air. Il faut le porter au moins à 300° pour qu'il détermine la combinaison des deux gaz, et que la température s'élève spontanément au-dessus de celle qui lui avait été communiquée : c'est l'expérience ancienne de M. Davy.

Lorsqu'on a fait rougir plusieurs fois le même fil et qu'il est revenu à la température ordinaire, il n'agit point encore ; mais son action commence à 50 ou 60° environ.

Si l'on met le même fil de platine dans l'acide nitrique froid ou chaud pendant quelques minutes, et qu'on enlève par des lavages l'acide adhérent, après l'avoir séché par une chaleur de 200° environ, il s'échauffe sous le courant de gaz hydrogène, en partant de la température ordinaire ; et, si le courant est assez rapide, le fil devient incandescent. L'acide sulfurique concentré et l'acide muriatique produisent le même effet, mais d'une manière moins marquée, surtout le dernier. Cette propriété se conserve, seulement pendant quelques heures, à l'air libre. Elle subsiste plus de vingt-quatre heures si l'on a soin de renfermer le fil dans un vase. La na-

ture de ce vase, son isolement du réservoir commun par des corps non conducteurs de l'électricité ne paraissent avoir aucune influence sur le temps pendant lequel la propriété persiste. Elle se perd en cinq minutes à-peu-près lorsqu'on plonge le fil isolé par un bâton de gomme laque, dans une petite quantité de mercure isolé pareillement. Un courant rapide d'air atmosphérique, d'oxigène, d'hydrogène, d'acide carbonique secs la détruit dans le même espace de temps.

La potasse, la soude, l'ammoniaque n'enlèvent pas la propriété communiquée au fil par le contact de l'acide nitrique. Les deux premières substances paraissent même la ranimer dans le fil auquel on l'a déjà communiquée plusieurs fois par ce procédé.

La limaille de platine, faite avec une lime de moyenne grosseur, possède la propriété en question, immédiatement après sa formation, et la conserve, pendant une heure ou deux, avec une intensité décroissante. Lorsqu'elle l'a complètement perdue, on la lui rend en la portant au rouge et la laissant refroidir. Elle l'acquiert à un plus haut degré par le contact de l'acide nitrique ou muriatique. Cette propriété persiste pendant plusieurs jours dans une masse limitée d'air.

Les supports conducteurs ou isolans n'apportent aucune différence dans le résultat. L'insufflation de l'air produit le même effet que sur le fil de platine, quoique moins promptement. La limaille faite dans l'eau est inerte à la température ordinaire.

Dans tous ces essais, nous nous contentions d'observer l'élévation de la température du métal, jusqu'au point de ne plus pouvoir le tenir entre les doigts. D'après

l'ensemble de nos expériences, on ne pouvait douter que cet effet ne fût dû à la combinaison de l'oxigène de l'air avec l'hydrogène. Cependant, pour ne laisser aucune incertitude, nous avons constaté directement la formation de l'eau. Quand on place le fil ou la limaille de platine dans un mélange détonant, l'absorption est quelquefois très-rapide, et il y aurait certainement explosion si l'on faisait l'expérience au moment où la propriété est à son *maximum* d'intensité ; car, en dirigeant, à cette époque, sur la limaille, un jet de gaz hydrogène sous un excès de pression d'un ou deux décimètres d'eau, la limaille devient incandescente et enflamme le gaz, comme dans l'expérience de M. Doebereiner.

Nous avons dit, dans notre première note, que les feuilles minces de platine agissent à la température ordinaire lorsqu'elles sont chiffonnées comme une bourre, tandis qu'elles n'ont aucune action quand elles sont développées. Il était assez naturel d'attribuer cette différence d'action à la diversité de la forme. Nous avons reconnu depuis qu'elle devait son origine à une autre cause.

Les feuilles de platine nouvellement battues, comme la limaille récemment faite, possèdent la propriété d'agir, à la température ordinaire, sur le mélange d'hydrogène et d'oxigène ; mais, exposées pendant quelques minutes à l'air, elles perdent complètement cette propriété. On la leur rend, et même bien plus énergique, en les chauffant jusqu'au rouge dans un creuset de platine fermé. Elles conservent alors toute leur puissance pendant vingt-quatre heures, sans aucun affaiblissement, si elles demeurent enfermées dans un vase clos. Lorsqu'on les plonge,

après ce laps de temps, dans un mélange de deux parties d'hydrogène et d'une partie d'oxigène, il y a presque toujours détonation; mais, si on les expose à l'air pendant le temps nécessaire pour en effacer les plis, la propriété est anéantie; car, non-seulement la feuille n'agit plus, ainsi développée, mais en la chiffonnant de nouveau, elle ne produit plus aucun effet.

Nous avons observé des faits absolument semblables sur le palladium en feuilles et en limaille.

L'éponge de platine acquiert vraisemblablement la propriété que M. Doebereiner a découverte par le contact de l'acide qui se dégage pendant la calcination, ou par l'incandescence qu'elle subit lors de sa préparation. Sa structure s'oppose d'ailleurs très-efficacement au contact de l'air : aussi ne perd-elle sa propriété que beaucoup plus difficilement; mais, quand elle l'a perdue par une exposition de plusieurs jours à l'air ambiant, on la lui rend, comme dans les cas précédens, en la chauffant jusqu'au rouge ou en la trempant dans l'acide nitrique. L'air humide n'a pas plus d'effet que l'air sec pour la priver de cette singulière propriété; l'imbibition de l'eau ou le passage de la vapeur à 100° ne l'affaiblit même pas sensiblement. Lorsqu'elle l'a recouvrée par l'action de l'acide nitrique, l'ammoniaque ou la potasse ne la font pas disparaître.

La poudre de platine obtenue par la calcination du muriate ammoniaco de platine, mêlé de sel marin, présente les mêmes phénomènes que l'éponge. Ce n'est, en effet, que de l'éponge très-divisée.

Celle que l'on obtient par la précipitation d'une dissolution de platine au moyen du zinc nous a paru retenir

plus obstinément sa propriété que du platine au même degré de ténuité qui aurait été préparé par une autre méthode. Nous nous occupons maintenant de rechercher si ce mode de préparation n'aurait pas, sur d'autres métaux, une influence pareille (1).

Les observations précédentes nous découvrent un genre d'action que l'on ne saurait encore rattacher à aucune théorie connue. Un grand nombre de substances solides déterminent, par leur contact et à des températures diverses, suivant leur nature, la combinaison des gaz mélangés. L'intensité de cette action paraît avoir quelque rapport avec l'état de saturation des corps solides. Outre cette propriété, quelques-unes de ces substances acquièrent, sous l'influence de certains agens, une puissance analogue, mais beaucoup plus prononcée; et, ce qui est bien remarquable, cette puissance est passagère comme la plupart des actions électriques. On pense bien que, dès le commencement de nos recherches, nous avons dirigé nos tentatives de manière à découvrir quelle part l'électricité pourrait avoir dans ces phénomènes; mais nous devons avouer que jusqu'ici nous ne saurions expliquer la plupart des effets que nous avons observés, en leur supposant une origine purement électrique.

---

(1) Nous avons déjà constaté que l'or, précipité par le zinc et séché à une basse température, détermine la combinaison des deux gaz à 120°, et lorsqu'il a été chauffé au rouge à 55°; l'argent, précipité et chauffé de la même manière, produit son effet à 150°.

DESCRIPTION *d'un Procédé à l'aide duquel on obtient une espèce d'acier fondu, semblable à celui des lames damassées orientales.*

PAR M. BRÉANT,

Vérificateur général des essais, à la Monnaie.

LA surface moirée des sabres orientaux a dû faire croire qu'ils sont fabriqués avec ce qu'on appelle une *étoffe*, c'est-à-dire un composé de barres ou de fils d'acier soudés, corroyés, et tordus en divers sens.

Une longue série d'expériences, entreprises pour éclaircir la question, m'a démontré que la matière du damas oriental est un acier fondu plus chargé de carbone que nos aciers d'Europe, et dans lequel, par l'effet d'un refroidissement convenablement ménagé, il s'est opéré une cristallisation de deux combinaisons distinctes de fer et de carbone.

Cette séparation est la condition essentielle; car si la matière en fusion est subitement refroidie comme elle le serait dans une petite lingotière, il n'y a pas de damassé apparent: il n'est visible qu'à la loupe.

La loi découverte par Berzelius, suivant laquelle se combinent les corps qui ont entre eux quelque affinité, explique d'une manière satisfaisante la propriété qui caractérise l'acier des damas orientaux, de se moirer à la surface lorsque, après l'avoir poli, on le soumet à l'action d'un acide très-affaibli.

Si les combinaisons des corps qui ont entre eux de l'affinité n'ont lieu qu'en proportions fixes, tout ce qui

excède cette proportion n'entre pas en combinaison, mais se trouve seulement mélangé : or, le fer et le carbone forment au moins trois combinaisons distinctes. L'acier qui est à l'une des extrémités de la série ne contient qu'une très-petite proportion de carbone (un centième); la plombagine, au contraire, contient douze à quinze fois plus de carbone que de fer. Les fontes blanches et noires occupent l'espace intermédiaire.

Supposons que dans la préparation de l'acier on ne fasse pas entrer assez de carbone, il n'y aura d'acier formé qu'en proportion de la quantité de carbone combiné; le reste sera du fer seulement mélangé : alors le refroidissement s'opérant lentement, les molécules d'acier plus fusibles tendront à se réunir et à se séparer de la portion du fer. Cet alliage sera donc susceptible de développer un damassé; mais ce damassé sera blanc, peu prononcé, et le métal ne sera pas susceptible d'une grande dureté, parce qu'il sera mêlé de fer.

Si la proportion du carbone est précisement telle qu'elle doit être pour convertir en acier la totalité du fer, il n'y aura qu'une seule espèce de combinaison; dès-lors aucune séparation de composés distincts n'aura lieu pendant le refroidissement : c'est ce qui m'est arrivé plusieurs fois, et ce qui, je le présume, pourra servir à faire reconnaître la meilleure proportion de carbone dans la fabrication de l'espèce d'acier la plus propre au travail des métaux (1).

(1) On sait que les scies doivent avoir des dents plus ou moins larges, suivant la dureté des substances auxquelles elles sont appliquées. C'est par la même raison que l'acier qui

Mais si le carbone est un peu en excès, la totalité du fer sera d'abord convertie en acier; ensuite le carbone resté libre dans le creuset se combinera dans une nouvelle proportion avec une partie de l'acier déja formé. Il y aura deux composés distincts, de l'acier pur et de l'acier carburé ou de la fonte. Ces deux composés, d'abord mélangés indistinctement, tendront à se séparer lorsque la matière liquide restera en repos; alors il se formera une cristallisation, dans laquelle les molécules des deux composés se rangeront suivant leur affinité respective ou leur degré de pesanteur.

Que l'on trempe dans de l'eau acidulée une lame faite avec de l'acier ainsi préparé, il se développera un damassé très-apparent, dans lequel les parties d'acier pur seront noires, et celles d'acier carburé resteront blanches, parce que l'eau acidulée met plus difficilement à nu le carbone de l'acier carburé.

Le carbone irrégulièrement réparti dans le métal et formant deux combinaisons distinctes est donc ce qui donne lieu au damassé, et l'on conçoit aisément que plus le refroidissement est lent, plus les veines damassées doivent être larges : c'est pour cette raison qu'il faut peut-être éviter de fondre des masses trop considérables, ou bien il faudra apporter quelque modification au procédé. A l'appui de mon opinion, je crois devoir citer Tavernier, qui, dans son *Voyage en Perse*, a donné quelques renseignemens qui nous font connaître

---

convient le mieux aux instrumens destinés à couper les chairs molles doit être différent de celui qui convient particulièrement aux limes, aux burins, aux rasoirs, etc.

la grosseur des billes d'acier qui, de son temps, étaient employées à la fabrication des lames damassées :

« L'acier susceptible d'être damassé vient, dit-il, du
» royaume de Golconde ; il se trouve dans le com-
» merce en pains de la grosseur d'un pain d'un sou : on
» les coupe en deux pour voir s'ils sont de bonne qualité,
» et avec chacune des deux moitiés ont fait une lame de
» sabre. »

D'après ce récit, il est évident que cet acier de Golconde était en culots comme le *wootz*, et que les culots ne devaient pas peser plus de 2 ou 3 kilogrammes.

Tavernier ajoute que si dans la trempe de cet acier on suivait les procédés d'Europe, il se briserait comme du verre. On doit conclure de là qu'il est très-difficile à forger, et Réaumur en a fait l'observation.

Ce savant, ayant reçu du Caire des échantillons d'acier indien, ne trouva personne à Paris qui pût les forger. A ce sujet, il déclare que ce doit être la faute de nos ouvriers, puisque les Orientaux parviennent à travailler cette espèce d'acier. J'expliquerai bientôt comment il faut procéder pour réussir.

Comme le carbone a la principale influence non-seulement sur le damassé de l'acier, mais encore sur ses qualités intrinsèques, il est à craindre que MM. Stodart et Faraday n'aient été induits en erreur dans leur travail, ainsi que je l'ai été moi-même long-temps, et qu'ils n'aient attribué à des alliages métalliques des effets dus plus particulièrement à une proportion plus considérable de carbone.

Je suis très-éloigné de contester l'existence des alliages métalliques dans les sabres orientaux, bien que dans

le peu de fragmens que j'ai eu occasion d'analyser, je n'aie trouvé ni argent, ni or, ni palladium, ni rhodium; il me semble néanmoins très-propable que diverses combinaisons auront été tentées. En effet, le même peuple qui était parvenu à durcir le cuivre par des alliages, n'a-t-il pas dû, par analogie, essayer le même procédé sur le fer ?

Cette façon de voir m'a conduit à former divers alliages métalliques, dont quelques-uns m'ont donné des résultats satisfaisans. Une des lames de sabre que j'ai présentées à l'Exposition contient un demi pour cent de platine, et une proportion plus considérable de carbone que dans les aciers ordinaires : c'est à cet excès de carbone qu'est particulièrement dû son damassé. D'excellens rasoirs ont été faits avec le même alliage.

Quoi qu'il en soit, je conseille de ne faire l'essai de ces alliages qu'après s'être bien assuré des effets du carbone pur, et de commencer par des combinaisons en très-petites proportions. L'addition d'un métal rend l'acier plus cassant; j'ai cependant obtenu des alliages ductiles en portant l'or et le platine jusqu'à 4 pour 100, et le cuivre et le zinc jusqu'à 2.

Quant au zinc, je dois avertir qu'il y a quelques précautions à prendre lorsqu'on veut l'employer dans l'alliage; il détone fortement : il ne faut donc en projeter dans le bain que de très-petites portions. J'ajouterai qu'en forgeant l'acier allié de zinc, une partie du métal volatil se dissipe.

La manganèse s'unit facilement à l'acier, et l'alliage se forge aisément; mais il est très-cassant à froid; j'en ai fait des burins qui entamaient le fer sans avoir été trem-

pés : le damassé qui en résulte est très-noir et très-prononcé.

La plombagine m'a paru, dans quelques circonstances, adoucir l'acier qu'un excès de carbone rendrait trop aigre : du moins j'ai obtenu d'excellens résultats de cent parties d'acier, une de noir de fumée et une de plombagine.

Mais une expérience fort remarquable par le parti qu'on pourrait en tirer dans un travail en grand, c'est que cent parties de fer doux et deux de noir de fumée fondent aussi facilement que l'acier ordinaire (1). Quelques-unes de nos meilleures lames sont le produit de cette combinaison : elle a l'inconvénient de prendre beaucoup de retrait par le refroidissement, et les culots ont le plus souvent des cavités qui les rendent très-difficiles à forger ; mais, si, au lieu d'acier damassé, on voulait se borner à faire de l'acier ordinaire, on éviterait le retrait opéré par le refroidissement, en coulant cet acier dans une lingotière.

On voit, par cette expérience, qu'il n'est pas nécessaire, pour obtenir de très-bon acier, de commencer l'opération par cémenter le fer. On peut le traiter de suite avec le noir de fumée, ce qui diminuerait beaucoup les frais de fabrication.

Cent parties de limaille de fonte très-grise et cent parties de pareille limaille préalablement oxidée, ont produit un acier d'un beau damassé et propre à la fabrication des armes blanches. Il est remarquable par son

---

(1) On doit supposer que la totalité du charbon n'entre pas en combinaison.

élasticité, qualité précieuse dont ne jouit pas l'acier de l'Inde (1). Plus la proportion de fonte oxidée est forte, plus l'acier est nerveux. L'oxigène se portant sur les métaux terreux et sur une partie du carbone, on conçoit que plus il y aura d'oxide, plus le résultat aura de ductilité; mais aussi moins il sera dur.

Les fontes les plus noires réussissent le mieux. Je suis convaincu qu'avec de semblables fontes on pourrait fabriquer très en grand de l'acier fondu dans des fourneaux à réverbère, en suivant un procédé analogue à celui de l'épuration du métal de cloches, c'est-à-dire en ajoutant au métal en fusion une portion du même métal oxidé, ou, mieux encore, de l'oxide de fer naturel.

Il me paraît également possible de convertir en acier fondu la totalité du produit des forges à la catalane, en faisant à la construction des fourneaux des changemens qui permettraient d'achever la fusion du métal. Il me semble que si j'avais à conduire une de ces forges, je réussirais à trouver le moyen de fabriquer avec beaucoup d'économie les qualités d'acier les plus désirables.

J'ai toujours eu soin de bien remuer la matière en fusion avant de la laisser refroidir; cela est indispensable lorsqu'on fait des alliages métalliques: autrement le damassé n'est pas homogène.

C'est après avoir tenté la combinaison de l'acier avec la silice et l'alumine, amenées à l'état métallique, que je m'aperçus de l'influence du carbone dans la pro-

---

(1) J'ai toujours opéré sur un ou deux kilogrammes.

duction du damassé : dès-lors j'eus soin d'employer toujours la charbon de noir de fumée.

Si dans l'analyse des aciers que j'ai fondus il se trouvait quelques terres, il faudrait supposer qu'elles proviennent de la fonte employée, ou du fer, de la plombagine, ou enfin des creusets.

Plus l'acier contient de carbone, plus il est difficile à forger. La plupart de ceux que j'ai préparés n'ont pu être étirés qu'à une température dont les limites sont assez resserrées. Chauffés au rouge blanc, ils s'émiettent sous le marteau; au rouge cerise, ils deviennent durs et cassans, et cette disposition augmente en proportion de l'abaissement de température : de telle sorte qu'une fois parvenus au-dessous du rouge cerise, si on veut en enlever une portion avec le burin ou la lime, on les trouve beaucoup plus durs et plus cassans qu'après leur entier refroidissement.

Il est évident que les aciers de l'Inde, que la plupart de nos ouvriers ne peuvent étirer, sont dans le même cas; et si les Orientaux les travaillent sans peine, c'est qu'ils connaissent les limites de la température qui leur convient.

Je me suis assuré par l'expérience que les veines orbiculaires, que les ouvriers appellent *ronces* et qui se voient sur les belles lames orientales, sont le résultat de la manière de forger. Si on se contente d'étirer l'acier en long, les veines seront longitudinales; si on l'étend également en tous sens, le damassé a une apparence cristalline; si on le rend onduleux dans les deux sens, il y aura des nuances comme aux damas d'Orient. Il ne faudra pas de

longs essais pour arriver à produire tel dessin de moiré que l'on voudra.

Quant au procédé à suivre pour développer le damassé de manière que l'acier puisse devenir noir ou bleuâtre sans perdre son poli, celui qui m'a paru le meilleur est celui des Orientaux. M. le vicomte Héricart de Thury en a donné la description dans un rapport inséré au *Bulletin de la Société d'Encouragement*, Numéro ccx, décembre 1821; vingtième année, page 361.

Sur *le Chlore fluide et sur la Condensation de divers gaz en liquides.*

Par M. Faraday.

(Lu à la Société royale le 13 mars 1823.)

Avant l'année 1810, on considérait la substance solide qu'on obtient en exposant le chlore à une basse température, comme le gaz lui-même condensé. Ce fut sir Humphry Davy qui montra, le premier, que le gaz pur et sec ne se liquéfie pas, même à la température de —40° Fahrenheit = — 40° centig.; et que le composé en question est un hydrate.

J'ai profité des derniers froids pour me procurer des cristaux de cette substance, dans la vue de les soumettre à l'analyse. Mes résultats sont contenus dans un petit Mémoire inséré dans le *Quarterly Journal of Science*, vol. xv. La composition de la substance était à-peu-près 27,7 de chlorine et 72,3 d'eau, c'est-à-dire, une proportion de chlore sur 10 d'eau.

Le président de la Société royale, m'ayant fait l'honneur d'examiner mes conclusions, me suggéra l'idée qu'en exposant la substance à l'action de la chaleur dans un vase clos, on arriverait à des résultats intéressans; les expériences suivantes furent entreprises d'après son desir.

Je préparai de l'hydrate de chlore, je le séchai aussi bien qu'il fut possible en le pressant dans du papier gris; je l'introduisis dans un tube de verre bouché à l'une de ses extrémités, et je fermai ensuite l'autre, à la lampe, hermétiquement. On n'aperçut aucun changement quand le tube fut placé dans de l'eau à 60° Fah. = + 15°,5 cent.; mais, à la température de 100° Fah. = + 37°,8 cent., la substance fusa, le tube se remplit d'une atmosphère d'un jaune intense, et on y remarqua deux substances fluides : l'une, formant les trois quarts de la masse, avait une couleur jaune faible et ressemblait assez à de l'eau; le quart restant était un fluide jaune intense placé au-dessous du premier, et paraissant n'avoir aucune tendance à se mêler avec lui. A mesure que le tube se refroidissait, l'atmosphère se condensait dans un fluide jaunâtre qui flottait, à l'état de pellicule, sur le fluide pâle supérieur, présentant ainsi une apparence fort semblable à celle du chlorure d'azote. A 70° Fah. = + 21°,1, le fluide pâle se congela. Quant à la portion jaune, elle ne se solidifia pas même à 32° Fah. = 0° centig. Chauffé jusqu'à la température de 100° Fah. = + 37°,8, le fluide jaune parut bouillir et produisit de nouveau l'atmosphère colorée.

En mettant l'hydrate dans un tube recourbé, fermé aussi hermétiquement, je parvins aisément, après l'avoir

décomposé, à distiller le fluide jaune à l'une des extrémités du tube et à le séparer des portions restantes; de cette manière, j'obtins une décomposition plus complète de l'hydrate. Par le refroidissement, aucun des fluides ne se solidifiait à des températures au-dessus de 34° Fah. = + 1°,2 cent. La portion jaune n'éprouvait même pas de changement à 0° Fah. = — 17°,8. Quand on mêlait les deux fluides ensemble, ils se combinaient à des températures inférieures à 60° Fah. = + 15°,5 cent., et reformaient la substance solide sur laquelle on avait d'abord opéré. Si on coupait le tube dans le milieu au moment où les fluides étaient séparés, il y avait une sorte d'explosion : le fluide jaunâtre disparaissait en totalité et une puissante atmosphère de chlore était produite. Le fluide pâle, au contraire, restait intact, et, en l'examinant, on reconnut qu'il était formé d'une faible solution de chlore dans de l'eau, et d'une petite quantité d'acide muriatique provenant probablement de ce que l'hydrate employé n'était pas pur. Quand on rompait sous l'eau l'extrémité du tube qui renfermait le fluide jaunâtre, on obtenait immédiatement du chlore à l'état de gaz.

Je pensai d'abord que, dans ces expériences, il s'était formé de l'acide muriatique et de l'oxide de chlore; ensuite que deux nouveaux hydrates de chlore avaient été produits; mais, à la fin, je soupçonnai que la chaleur avait séparé le chlore de l'eau, et qu'il était devenu fluide par l'effet de sa propre pression. En admettant que ces idées fussent exactes, il s'ensuivait que le chlore à l'état de gaz devait, par la compression, donner naissance au même fluide : or, comme l'atmosphère, dans

le tube où ce fluide avait été renfermé, n'était pas très-jaune à 50° ou 60° Fahr., il me paraissait probable que la condensation nécessaire pour opérer la liquéfaction du gaz ne serait pas au-dessus de celle qu'on peut atteindre à l'aide d'une pompe à compression. Je me procurai, conséquemment, un long tube fermé par un robinet, j'en retirai l'air, je le remplis de chlore, et, en le tenant verticalement, je le mis en communication avec la machine de compression. L'air entra dans le tube, précipita le chlore au fond et produisit une pression d'environ quatre atmosphères. Le tube étant alors refroidi, je vis sur-le-champ se déposer des filamens qui paraissaient être de l'hydrate provenant, suivant toute apparence, de l'eau contenue dans le gaz et les vaisseaux; mais il se produisit aussi une petite portion du fluide jaunâtre. Comme il était possible que ce fluide contînt une petite proportion d'eau, je me procurai un tube et un appareil parfaitement secs. Avant d'y introduire le chlore, j'eus l'attention de le laisser pendant quelque temps sur un bain d'acide sulfurique. Par l'action de la pompe de compression, il ne se forma alors aucun filament solide. Le fluide jaunâtre fut produit et sa quantité augmenta pendant le refroidissement. Après un certain temps, il disparaissait, en se mêlant à l'atmosphère dont il était chargé. A chaque répétition de l'expérience, on obtenait les mêmes résultats.

Croyant que j'étais alors en droit de considérer le fluide jaunâtre comme du chlore à l'état liquide, je commençai à examiner ses propriétés.

De quelque manière que ce liquide soit obtenu, il paraît toujours très-limpide, très-fluide et excessivement

volatil, sous les pressions ordinaires. Refroidi dans un tube jusqu'à la température de 0° Fah. = — 17°,8 cent., il resta liquide; le tube fut alors ouvert, une partie s'échappa subitement, laissant le reste si refroidi par l'évaporation qu'il demeura fluide même sous la pression atmosphérique. La température ne pouvait pas, dans ces circonstances, être au-dessus de — 40° Fah. (— 40° centig.), puisque sir Humphry Davy a montré que le chlore sec ne se condense pas à cette température sous la pression ordinaire. J'ouvris un autre tube à la température de 50° Fah. (+ 10° cent.); une partie du chlore se volatilisa et refroidit le tube à tel point que la vapeur atmosphérique se précipita sur ses parois à l'état de glace.

Un tube ayant de l'eau à l'une de ses extremités et du chlore à l'autre, fut pesé et cassé en deux : le chlore s'échappa sur-le-champ, et je trouvai que la perte avait été de 1,6 grains; l'eau restante contenait un peu de chlore : son poids était 5,4 grains. Ces proportions, toutefois, ne doivent pas être considérées comme donnant la véritable composition de l'hydrate de chlore, parce que, à raison de la température peu froide de l'air quand j'entrepris ces expériences, il était difficile de recueillir les cristaux d'hydrate, de les presser et de les introduire dans le tube sans perdre beaucoup de chlore. Je dois ajouter aussi qu'il était impossible d'obtenir dans le tube une séparation complète du chlore et de l'eau, à cause que l'atmosphère intérieure se combine avec ce liquide et reforme graduellement de l'hydrate.

Avant de couper ce tube, j'en avais préparé un second qui avait exactement sa forme et ses dimensions; j'y introduisis

de l'eau, et, autant qu'il fut possible d'en juger à l'œil, de manière à former un volume égal à celui du chlore fluide. Cette eau pesait 1,2 grains. Si ce résultat est adopté, il donnera 1,33 pour la gravité spécifique du chlore fluide. D'après l'aspect du fluide, ce nombre ne doit pas être très-erroné.

NOTE *sur la Condensation du gaz acide muriatique en liquide.*

Par Sir HUMPHRY DAVY.

Quand j'engageai M. Faraday à exposer l'hydrate de chlore à la chaleur, dans un tube fermé, il me sembla qu'il arriverait l'une de ces trois choses, savoir : qu'il deviendrait fluide comme un hydrate, ou que l'eau se décomposerait et qu'il en résulterait de l'oxide de chlore et de l'acide muriatique, ou enfin que le chlore se séparerait condensé. Ce dernier résultat ayant été obtenu, il devait naturellement conduire à d'autres recherches du même genre. J'espère pouvoir, dans une autre occasion, présenter quelques vues générales à ce sujet. Je me contenterai aujourd'hui de dire seulement qu'ayant renfermé du muriate d'ammoniaque et de l'acide sulfurique dans un fort tube de verre bouché hermétiquement, j'ai obtenu de l'acide muriatique liquide en faisant agir ces deux corps l'un sur l'autre. Je ne doute pas qu'en substituant du carbonate au muriate d'ammoniaque, on n'obtienne l'acide carbonique liquide, quoique, dans le seul essai que j'aie tenté, le tube se soit brisé. J'ai prié M. Faraday de poursuivre ces expériences

et de les étendre à tous les gaz qui ont une densité considérable ou qui sont fortement solubles dans l'eau. J'espère que je pourrai bientôt communiquer à la Société le résultat de ces recherches et indiquer quelques applications dont elles me paraissent susceptibles.

Je ne terminerai pas cette note sans faire observer que la production des fluides élastiques dans des vaisseaux clos, avec ou sans l'intermédiaire de la chaleur, offre des moyens beaucoup plus puissans de rapprocher leurs molécules que ceux qui dépendent de l'action du froid naturel ou artificiel; car, comme les gaz diminuent seulement de $\frac{1}{480}$ de leur volume pour chaque diminution d'un degré dans l'échelle de Fahrenheit, aux températures ordinaires, on ne peut obtenir qu'une très-légère condensation par les mélanges frigorifiques les plus puissans et qui ne serait pas la moitié des résultats auxquels on arriverait en appliquant une flamme intense à une partie du tube de verre, l'autre restant à la température ordinaire. Quand on essaie de condenser des gaz en fluides, par une compression mécanique subite, la chaleur engendrée instantanément est un très-grand obstacle au succès de l'expérience, tandis que si la compression résulte d'une formation lente de gaz dans des vaisseaux clos, il n'y a ni difficulté ni danger dans l'expérience, si elle est conduite avec les précautions ordinaires. Dans ce procédé on peut d'ailleurs s'aider du froid artificiel lorsque les gaz se trouvent très-rapprochés des degrés de compression et de température auxquels ils deviennent des vapeurs.

SUR *la Transformation de différens gaz en liquides.*

PAR M. FARADAY.

(Lu à la Société royale le 10 avril 1823.)

J'AI eu l'honneur, il y a peu de semaines, de présenter à la Société royale un Mémoire relatif à la réduction du chlore à l'état liquide. Le président y ajouta une note importante sur l'application générale des moyens que j'avais employés dans ce cas particulier, à la réduction des autres gaz en liquides. Il décrivit aussi les expériences qu'il avait faites sur l'acide muriatique. Sir Humphry Davy me fit l'honneur de m'inviter à continuer ce travail, et j'ai déjà obtenu, sous sa direction générale, les résultats qui suivent.

Acide sulfureux.

Je renfermai du mercure et de l'acide sulfurique concentré dans un tube recourbé. Ayant amené ces deux corps à l'une des extrémités, je la chauffai pendant que je conservai l'autre froide à l'aide de papier gris mouillé. Il se formait du gaz acide sulfureux dans les points où agissait la chaleur; mais ce gaz se condensait en passant à travers l'acide sulfurique. Toutefois, quand celui-ci fut saturé, l'acide sulfureux finit par atteindre l'extrémité froide du tube et s'y condensa à l'état liquide. Si, après avoir laissé le tube se refroidir entièrement, on faisait couler l'acide sulfureux liquide sur le mélange d'acide sulfurique et de sulfate de mercure, une portion était réabsorbée, mais le reste flottait dessus sans se mêler au liquide inférieur.

L'acide sulfureux liquide est très-limpide, sans couleur, et paraît doué d'une grande fluidité. Sa force réfractive, déterminée par la comparaison des effets qu'il produisait avec ceux de l'eau contenue dans des tubes semblables, paraît être à-peu-près égale à celle de l'eau. Il ne se solidifie ni ne devient adhésif à une température de 0° Fah. (—17°,8). Quand un tube contenant ce fluide est ouvert subitement, le gaz ne sort pas comme par explosion; une portion du liquide seulement s'évapore avec rapidité et refroidit la portion restante à tel point, qu'elle demeure fluide même à la pression ordinaire de l'atmosphère. Cette portion toutefois se dissipe rapidement à son tour, sans donner naissance à des vapeurs blanchâtres, mais en exhalant l'odeur de l'acide sulfureux pur, et le tube reste entièrement sec. Je reçus une portion de la vapeur de ce fluide sous un bain de mercure, et je reconnus qu'elle était du gaz acide sulfureux. Un morceau de glace ayant été jeté dans le fluide, le mit instantanément en ébullition par la chaleur qu'il lui communiqua.

Pour prouver d'une manière irrécusable que le liquide obtenu dans la précédente expérience était de l'acide sulfureux, je préparai sur le mercure, et avec la plus grande attention, une certaine quantité de ce gaz, dont je remplis un tube bouché à l'une de ses extrémités, et que j'avais préalablement purgé d'air à l'aide d'une machine à compression. J'injectai dans le tube de nouvelles portions du même gaz, jusqu'à ce que la pression intérieure fût parvenue à 3 ou 4 atmosphères. Le tube resta parfaitement clair et sec; mais en refroidissant une de ses extrémités jusqu'à 0° Fah.

(— 17°,8 centig.) le gaz s'y condensa en un liquide qui avait toutes les propriétés de celui qu'on avait obtenu par le premier procédé.

Un petit manomètre ayant été introduit dans un tube où l'on forma après l'acide sulfureux liquide, je trouvai, à la température de 45° Fah. (+7°,2 cent.), que la tension était égale à 3 atmosphères : une portion liquide existait encore; mais comme l'air commun n'avait pas été enlevé au moment de la fermeture du tube, une atmosphère, environ, devait être due à sa présence; en sorte que, en dernier résultat, l'acide sulfureux exerce une pression d'environ deux atmosphères à la température de 45° Fah. (+7°,2 cent.). Je trouvai que sa pesanteur spécifique, à l'état liquide, était 1,42 environ (1).

Hydrogène sulfuré.

Un tube ayant été courbé et fermé à l'extrémité la plus courte, j'y introduisis de l'acide muriatique très-fort en me servant d'un petit entonnoir, de manière à

(1) Je suis redevable à M. Davis Guilbert, qui voulut bien examiner mes expériences avec beaucoup d'attention, de la méthode que j'ai suivie pour obtenir la pesanteur spécifique de quelques-uns de ces liquides. Je soufflai pour cela à la lampe de petites boules de verre; je les fermai hermétiquement; je les jetai alors dans de l'alcool, de l'eau, de l'acide sulfurique, ou dans des mélanges de ces fluides en diverses proportions. Lorsque la boule avait précisément la pesanteur spécifique du fluide dans lequel elle était immergée, je prenais la gravité spécifique de ce dernier. J'obtins ainsi un certain nombre de boules hydrométriques que j'introduisais dans les tubes où le liquide devait être produit. Il suf-

remplir presqu'entièrement le bras le plus court sans mouiller les parois du plus long. Je poussai ensuite une feuille de platine armée de petits rebords jusqu'à la surface du fluide, et je déposai dessus de petits fragmens de sulfure de fer, jusqu'à ce que le tube fût à-peu-près plein. Par ce moyen, j'empêchai que l'action chimique ne commençât avant que le tube eût été fermé. Il est évident que si cette action s'était déjà développée au moment où l'opérateur fermait le tube à la lampe, la pression du gaz, de dedans en dehors, aurait empêché les parois du verre d'acquérir une force suffisante. Après avoir fermé l'appareil, je fis couler l'acide muriatique sur le sulfure de fer. Au bout d'un ou deux jours, il s'était formé beaucoup de proto-muriate de fer. En plaçant alors l'extrémité propre du tube dans un mélange de glace et de sel, et chauffant l'autre extrémité, quand c'était nécessaire, par un peu d'eau, il se distilla et se déposa de l'hydrogène sulfuré liquide.

---

fisait alors d'observer si elles flottaient ou non, et d'entreprendre une seconde suite d'expériences avec des boules plus légères ou plus lourdes, suivant les cas, jusqu'à ce qu'on arrivât à une approximation suffisante. Plusieurs des tubes se brisèrent pendant les expériences : dans d'autres cas, les difficultés tinrent à ce que les boules de verre avaient été accidentellement salies par les substances contenues dans le tube ; je puis, du reste, ajouter une cause d'erreur à toutes celles qui se présentent facilement à l'esprit : je veux parler du changement de volume qu'éprouve la boule quand elle est soumise à la grande pression qui est nécessaire pour maintenir la substance à l'état fluide.

L'hydrogène sulfuré liquide est sans couleur, limpide et doué d'une excessive fluidité. L'éther, placé dans des tubes semblables, paraissait comparativement tenace et huileux. Il ne se mêlait pas avec les autres fluides que le tube renfermait, lesquels, du reste, en étaient probablement saturés, et il flottait à leur surface. Quand on ouvrait le tube, ce nouveau fluide se transformait subitement en vapeur. En faisant l'expérience sous l'eau, on reconnaissait que la vapeur était bien réellement de l'hydrogène sulfuré. En portant un tube qui renfermait ce liquide de la température de 0° à celle de 45° Fah. (+7°,2), on en vit une partie se transformer en vapeur; son volume conséquemment diminuait; mais aucun autre changement ne survint. La fluidité n'était pas moindre à 0° Fah. (— 17°,8 cent.) qu'à 45° Fah. (+7°,2). La force réfringente de l'hydrogène sulfuré liquide paraît un peu supérieure à celle de l'eau; elle surpasse décidément celle de l'acide sulfureux. Un petit manomètre ayant été introduit dans un tube où l'hydrogène sulfuré liquide fut ensuite formé, je pus reconnaître qu'à la température de 50° Fah. (+10°,0 cent.) la vapeur de ce fluide exerce une pression égale à 17 atmosphères.

Je me procurai les manomètres dont je me suis servi, en soufflant à la lampe des tubes de verre jusqu'à ce qu'ils fussent capillaires et en forme de trompette. Pour les graduer, je promenais une certaine quantité de mercure dans toute leur étendue; je bouchais ensuite l'extrémité la plus fine et je déposais quelques gouttes de mercure dans la plus large. C'est dans cet état qu'on les introduisait dans l'appareil, en ayant le soin qu'aucune des substances employées ne pût atteindre le mercure.

Toutes les fois que j'ai estimé la pression en atmosphères, une unité a été soustraite à raison de l'air laissé dans le tube.

La pesanteur spécifique de l'hydrogène sulfuré paraît être 0,9.

Acide carbonique.

Je me suis servi, pour produire de l'acide carbonique liquide, de carbonate d'ammoniaque et d'acide sulfurique concentré : l'opération est d'ailleurs en tout semblable à celle que j'ai décrite pour le cas de l'hydrogène sulfuré. Il faut cependant de plus forts tubes que pour toutes les autres substances. Il n'en est aucune, en effet, qui occasione des explosions aussi fortes et aussi fréquentes. Des tubes qui renfermaient de l'acide carbonique depuis deux ou trois semaines faisaient spontanément explosion quand il survenait un petit accroissement dans la température de l'air. Les précautions que les chimistes connaissent, telles que masques de verre, etc., sont nécessaires dans toutes ces expériences, et particulièrement quand on opère sur l'acide carbonique.

L'acide carbonique liquide est sans couleur et extrêmement fluide. Entre 0° et 32° Fah. (— 17°,8 et 0° cent.) il se distille très-rapidement. Son pouvoir réfringent est beaucoup moindre que celui de l'eau. Les températures les plus froides auxquelles je l'aie exposé n'ont pas altéré son aspect. Quand j'ai essayé d'ouvrir, à une de leurs extrémités, les tubes qui le renfermaient, ils se sont tous brisés avec une épouvantable explosion. En enfermant à l'avance un manomètre dans le tube où l'acide carbo-

nique devait être produit, je trouvai qu'à la température de 32° Fah. (0° cent.) sa vapeur exerçait une pression égale à 36 atmosphères.

On se demandera peut-être si ce liquide et tous ceux qu'on extrait de substances contenant de l'eau, n'en renferment pas aussi une certaine portion : le contraire n'a pas été démontré, comme il a été possible de le faire à l'égard du chlore, de l'acide sulfureux, du cyanogène et de l'ammoniaque. Mais, outre l'analogie qui existe entre tous ces fluides, on peut dire encore, pour prouver qu'ils sont secs, que, au moment où la température diminue dans les tubes, il se précipite un fluide semblable à celui qu'on avait préalablement obtenu : or, il n'y a aucune raison de supposer que les différentes atmosphères de vapeurs, en contact avec de l'acide sulfurique concentré, sont moins sèches que des atmosphères du même genre ne l'auraient été dans des circonstances semblables, à la pression ordinaire de l'atmosphère.

Oxide de chlore (euchlorine).

J'obtins l'oxide de chlore fluide en enfermant du chlorate de potasse et de l'acide sulfurique dans un tube, et les laissant réagir l'un sur l'autre pendant 24 heures. Après ce temps, l'action avait été intense; le mélange était d'un brun rougeâtre obscur, et l'atmosphère d'une couleur jaune brillante. Je chauffai alors le mélange jusqu'a 100° Fah. (+37,8 cent.) et je refroidis, au contraire, l'autre extrémité du tube jusqu'a 0° Fah. (—17°,8). Le mélange perdit, par degrés, sa couleur obscure, pendant qu'un fluide éthéré se condensait sur la

peut-être un peu inférieur à celui de l'eau. En ouvrant un tube qui contenait un peu de ce liquide, l'expansion ne parut pas très-forte; la vapeur se forma avec lenteur comparativement à ce que j'avais précédemment observé; mais il y eut un grand froid de produit. En recueillant la vapeur sur du mercure, je vis qu'elle était réellement du cyanogène pur.

Je bouchai à la lampe un tube de verre renfermant du cyanure de mercure à l'un des bouts et une goutte d'eau à l'autre. Le cyanogène liquide produit se trouva ainsi en contact avec l'eau sur laquelle il flottait, sans s'y mêler en quantité appréciable. Après quelques jours, ces deux liquides avaient agi l'un sur l'autre : l'eau était devenue noire par des changemens analogues à ceux qui ont lieu dans les solutions aqueuses de cyanogène.

Le cyanogène liquide a 0,9 environ de pesanteur spécifique; sa vapeur, à 45° Fah (+7°,2) exerce une pression de 3,6 à 3,7 atmosphères.

Ammoniaque.

Pour obtenir l'ammoniaque liquide, il devint d'abord nécessaire de chercher une source de cette substance exempte d'humidité. Je m'arrêtai enfin, après bien des essais, à un composé d'ammoniaque et de chlorure d'argent, dont j'eus l'occasion de parler il y a quelques années. Le chlorure d'argent sec absorbe une grande quantité de gaz ammoniac sec : 100 grains du premier condensent 130 pouces cubes du second; mais la combinaison ainsi formée se décompose déjà à la température de 100° Fah. (+37°,7 cent.). Je renfermai une

portion de ce composé dans un tube de verre recourbé; je scélai ce tube à la lampe, je chauffai une des extrémités et je refroidis l'autre à l'aide d'eau et de glace. Le composé ainsi chauffé se fondit et entra en ébullition; le gaz ammoniacal se dégagea et se condensa, à l'autre extrémité, à l'état liquide.

L'ammoniaque liquide ainsi obtenu est sans couleur, transparent et très-fluide. Son pouvoir réfractif surpasse celui de tous les liquides dont j'ai parlé et même le pouvoir réfractif de l'eau. D'après le procédé que j'ai suivi pour me le procurer, il est aussi dépourvu d'eau que possible. Quand on laisse le chlorure d'argent se refroidir, l'ammoniaque revient l'attaquer, se combine avec lui et donne naissance au composé primitif: durant cette action on observe des effets curieux. Pendant que le chlorure absorbe l'ammoniaque, il se produit de la chaleur: la température s'élève presque jusqu'a 100° Fah. (+37°,7), tandis que peu de pouces au-delà, à l'extrémité opposée du tube, un froid intense est occasioné par l'évaporation du fluide. Si la température de tout l'appareil est maintenue à 60° Fah. (+15°,5), l'ammoniaque bout jusqu'à ce qu'il soit évaporé et recombiné. A la température de 50° Fah. (+10°,0 cent.) la vapeur d'ammoniaque exerce une pression de 6,5 atmosphères; la gravité spécifique du liquide est 0,76.

Acide muriatique.

Quand l'acide muriatique liquide est formé à l'aide du muriate pur d'ammoniaque et de l'acide sulfurique, il n'a point de couleur, comme sir Humphry Davy l'avait entrevu. Son pouvoir réfractif est plus grand que celui

gendie annonce, du reste, qu'il a remarqué sur le même individu divers symptômes fâcheux indépendans de la maladie principale.

M. Gambey lit un Mémoire dans lequel il propose un nouveau moyen de graduer les instrumens astronomiques sans qu'il soit nécessaire de faire coïncider le centre de la plateforme et celui de l'instrument à diviser. Il présente le modèle de cet appareil.

M. Hachette continue la lecture de son Mémoire *sur la Mesure des effets dynamiques.*

M. Strauss lit un Mémoire d'*anatomie comparée*, dans lequel il traite des animaux articulés.

Séance du lundi 27 octobre.

M. Janvier exprime, dans une lettre adressée à l'Académie, le desir d'être porté sur la liste des candidats pour la place vacante dans la Section de Mécanique.

M Gambey envoie la description et le dessin d'un appareil à l'aide duquel on peut vérifier l'horizontalité de l'axe d'une lunette méridienne, dans toutes les positions de l'instrument.

M. Ferrand adresse de nouveaux détails relativement à son bateau remonteur.

M. Faraday remercie l'Académie du choix qu'elle a fait de lui pour une des places de correspondans dans la Section de Chimie.

M. de Prony déclare que les membres de la Section de Mécanique sont d'avis qu'il y a lieu à remplacer M. Bréguet. Cet avis est adopté par l'Académie.

M. Magendie annonce que le malade en qui on avait observé tous les symptômes de l'hydrophobie vient de succomber par suite d'accidens très-graves qu'il avait fait remarquer.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire intitulé : *Considérations sur la bourse et l'utérus des animaux marsupiaux.*

M. Vauquelin, au nom d'une commission, fait un rapport sur diverses expériences de M. Cagniard-Latour, qui ont déjà paru pour la plupart dans les *Annales*. Le Mémoire dans lequel ces expériences sont consignées a été approuvé par l'Académie.

M. le comte Thiville avait présenté un Mémoire *sur quelques erreurs en physique*. D'après le rapport d'une commission, ce Mémoire n'a pas été approuvé.

Les commissaires nommés pour examiner un Mémoire de M. Texier de Montainville *sur l'Inscription des cinq corps réguliers dans la sphère*, annoncent que ce Mémoire est écrit avec clarté.

M. Flourens commence la lecture d'un Mémoire intitulé : *Sur l'Action des diverses parties de l'organe cérébral.*

Séance du lundi 3 novembre.

M. Arago donne lecture d'une Note de M. Flourens *concernant l'action spéciale que certaines substances exercent sur les diverses parties du cerveau.*

M. Magendie dit que, à sa connaissance, M. Foderà s'occupe depuis long-temps d'expériences analogues ; il ne cite toutefois aucun des résultats que ce physiologiste a pu obtenir. La Note de M. Flourens a été déposée au Secrétariat de l'Académie pour lui servir de titre au besoin.

M. Laplace lit un extrait de son Mémoire *relatif à l'action de la lune sur l'atmosphère.* (*Voyez* le Cahier de novembre, page 280.)

M. Dulong lit, au nom de M. Thenard et au sien, une seconde Note *sur la Propriété qu'ont certaines substances de favoriser la combinaison des fluides élastiques.* (*Voyez* plus haut.)

M. Arago, au nom d'une commission, fait un rapport très-favorable sur la boussole, l'héliostat et le nouvel appareil destiné à vérifier l'horizontalité de la lunette méridienne, que M. Gambey a présentés à l'Académie.

M. Mathieu, au nom d'une commission, rend aussi un compte très-avantageux d'un appareil imaginé par le même artiste, et à l'aide duquel on peut diviser exactement tout instrument d'astronomie, sans avoir besoin de faire coïncider son centre avec celui de la plate-forme.

M. de Prony présente la liste suivante de candidats, proposés par la Section de Mécanique, suivant l'ordre de préférence qu'elle a jugé convenable de leur accorder :

M. Navier, MM. Cagniard de Latour et Hachette, ex

æquo ; M. Gambey, MM. Cachin et Lamandé, *ex æquo ;* M. Gengembre, M. Christian.

Séance du lundi 10 novembre.

M. Cachin annonce, dans une lettre adressée au président de l'Académie, qu'il desire n'être plus regardé comme un des concurrens à la place actuellement vacante.

M. Brun-Lafont adresse des observations critiques sur l'éclairage.

L'Académie procède à l'élection d'un membre. Les deux premiers tours de scrutin n'ayant pas donné de majorité absolue, on passe à un scrutin de ballotage entre MM. Hachette et Navier. Le premier obtient 28 voix ; M. Navier 22. L'élection de M. Hachette sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Flourens donne lecture du résumé de ses Recherches expérimentales, *sur les fonctions des diverses parties du cerveau.*

M. Fourier lit un Mémoire de mathématiques intitulé : *Mémoire d'analyse indéterminée : calcul des conditions d'inégalité.*

M. Raffeneau de Lille lit un Mémoire *sur la végétation de l'isoëtes lacustris, et exposition de ses caractères.*

M. Dumas lit, en son nom et en celui de M. Prévost, la seconde partie de leur Mémoire *sur la Génération.*

Séance du lundi 17 novembre.

MM. Stromeyer et Hatchett, nommés correspondans dans une des précédentes séances, adressent leurs remercîmens à l'Académie.

M. Thomas Lauth présente un Mémoire *sur les Momies égyptiennes ;* M. Gaillon, un nouveau travail *sur la cause de la coloration des huîtres et sur les animalcules qui servent à leur nutrition.*

Le Ministre de l'Intérieur transmet la copie d'un Rapport que lui a adressé le Préfet de Seine-et-Marne, sur la découverte que l'on a faite, dans la forêt de Fontainebleau, d'un cavalier et d'un cheval pétrifiés.

Le Ministre de la Marine demande à l'Académie de se faire

faire un rapport sur la combustion spontanée qui s'est manifestée dans des amas de charbon de terre formant l'approvisionnement de l'arsenal de Brest.

M. Brisbane écrit, de la Nouvelle-Hollande, que lui et M. Rumker ont déjà observé 10000 étoiles australes du catalogue de Lacaille.

M. Rousseau lit un Mémoire intitulé : *Notice sur un Galvanomètre atmosphérique, ayant pour moteur une pile sèche, et sur des décompositions d'huile obtenues par ce même mode d'action.*

M. Brisson, ingénieur des Ponts et Chaussées, dépose un Mémoire *sur l'Intégration des équations linéaires.*

M. Cauchy communique une Note *sur les Effets de l'attraction moléculaire dans le mouvement des ondes.*

M. Fourier présente la seconde partie de son Mémoire *sur le Calcul des conditions d'inégalité.*

M. Dumas lit le second Mémoire qu'il a fait, de concert avec M. Prévost, *sur la Génération.*

M. Becquerel lit le Mémoire qui fait partie du présent Cahier.

Séance du lundi 24 novembre.

M. Ranson, inspecteur des bâtimens royaux du Cercle du Bas-Danube, envoie à l'Académie des Remarques *concernant la résolution des équations numériques.*

M. Desfontaines fait un rapport favorable sur un Mémoire de M. Poiteau, *renfermant la description de cinq genres exotiques de la famille des myrtes.* Ce Mémoire sera imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

M. Boze avait présenté un nouveau procédé d'attelage à l'aide duquel le cocher d'une voiture quelconque peut, sans quitter son siége et en tirant un simple cordon, détacher subitement les chevaux quand ils s'emportent. Les commissaires de l'Académie ont trouvé que les moyens imaginés par M. Boze remplissent bien l'objet qu'il s'était proposé.

M. Longchamp lit un Mémoire intitulé : *Théorie nouvelle de la nitrification.*

M. Brisson donne lecture de la première partie du Mémoire qu'il avait présenté dans la précédente séance.

M. Flourens lit son Mémoire intitulé : *Recherches physiques touchant l'action déterminée et spécifique de certaines substances sur certaines parties du cerveau.*

M. Desmoulins lit une Note intitulée : *Mesure du développement sphérique des rétines plissées.*

Séance du lundi 1er décembre.

M. Braconnot, nommé correspondant dans une des précédentes séances, adresse ses remercîmens à l'Académie.

M. de Monferrand envoie un Mémoire *sur les Equations numériques*,

M. le Directeur général de l'Agriculture et du Commerce consulte l'Académie au sujet de la demande faite par M. Jalabert, d'un brevet d'invention pour un gazomètre meuble.

M. Julia-Fontenelle envoie des Observations *sur la Production du nitre.*

M. de Lacépède fait un rapport verbal très-favorable sur un nouveau genre d'écriture à l'usage des aveugles, imaginé par M. Charles Barbier.

M. Cuvier lit un Mémoire *sur un Crocodile fossile des carrières de pierre calcaire des environs de Caen.*

Les commissaires nommés pour examiner le Mémoire de M. Ranson n'y ont rien trouvé qui fût digne d'attention.

M. Strauss lit un nouveau Mémoire *sur l'Anatomie du hanneton.*

M. Auguste Saint-Hilaire lit un Mémoire *sur la Monographie des genres sauvagesia et lavradilla.*

Séance du lundi 8 décembre.

L'Académie reçoit un Mémoire *sur les Réfrangibilités diverses de la lumière*, par M. Bourgeois ; un dessin supplémentaire pour être joint aux planches du second Voyage en Afrique de M. Bowdich ; la théorie, construction et usage du pachomètre, instrument destiné à mesurer l'épaisseur des glaces, par M. Benoît.

M. Gaillon, de Dieppe, avait envoyé à l'Académie des observations propres à confirmer son ancienne opinion sur la cause de la couleur verte des huîtres. Les commissaires ont donné leur approbation à ce nouveau travail.

M. Dulong, au nom d'une commission, fait un rapport

très-favorable sur un Mémoire de M. Savart intitulé : *Des Vibrations des corps solides, considérées en général*. Comme nous comptons imprimer très-prochainement le Mémoire, nous pouvons nous dispenser de donner à présent l'analyse du rapport.

L'Académie a ensuite entendu la lecture d'un Mémoire de M. Moreau de Jonès *sur l'Origine du cochon marron des Antilles*; et celle d'un Mémoire de M. Richard fils, *concernant la famille des lœaguées*.

La Section de Médecine et Chirurgie a présenté, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place de correspondant vacante dans son sein : MM. Huffeland, à Berlin; Joseph Frank, à Wilna; Vaccà-Berlinghieri, à Pavie; Foderà, à Naples; Gaspard, à St.-Etienne.

Séance du lundi 15 *décembre*.

M. Christian, professeur à Bourges, avait présenté un compas propre à tracer les courbes du second degré. Cet instrument, d'après l'examen qu'en ont fait les commissaires de l'Académie, est simple et d'un emploi facile.

M. Darcet, au nom d'une commission, fait le rapport que le Gouvernement avait demandé, sur les bancs de sel gemme découverts dans les environs de Vic. (Nous publierons ce rapport.)

L'Académie procède au scrutin pour la nomination d'un correspondant. Il y avait 42 votans; M. Foderà réunit 25 suffrages.

M. Dulong, au nom d'une commission, rend un compte très-favorable du Mémoire que M. le Dr Liebig avait présenté, *sur la Composition du mercure et de l'argent fulminans*. Ce Mémoire a déjà paru dans les *Annales* : il sera également inséré dans le *Recueil des Savans étrangers*, publié par l'Académie.

M. Geoffroy-St.-Hilaire lit un Mémoire intitulé : *Considérations et rapport nouveaux d'ostéologie, concernant les animaux ruminans*.

On lit une lettre du Ministre de l'Intérieur, annonçant que le Roi n'a pas jugé à propos de confirmer l'élection de M. Hachette.

Séance du lundi 22 *décembre*.

M. Dubuat adresse un Mémoire *sur le Calcul des variations*.

M. Legendre entretient l'Académie d'une nouvelle démonstration des parallèles, par un professeur de Basle.

M. Dupetit-Thouars lit une Note *concernant l'eau gelée qui se trouve, en certaines circonstances, dans le calice des fleurs*.

M. Ampère communique le résultat suivant, obtenu par M. Becquerel : lorsqu'on met les deux extrémités du fil d'un galvanomètre en communication avec les deux poles d'une pile voltaïque, il en résulte un courant des plus énergiques, dont l'effet est de ramener parallèlement à sa direction une aiguille faite *avec une substance quelconque*.

M. Ampère lit la première partie d'un Mémoire qu'il a rédigé, *sur l'Action mutuelle des courans électriques*.

M. Dutrochet lit un Mémoire *relatif à de nouvelles expériences sur les sensitives*.

M. Bailly lit l'analyse d'un Traité d'Anatomie et de Physiologie comparées du système nerveux, dans les quatre classes d'animaux vertébrés.

Séance du lundi 29 décembre.

M. Foderà remercie l'Académie, qui l'a nommé correspondant.

M. Taillade écrit qu'il a imaginé un moyen de faire mouvoir les pistons des machines hydrauliques.

Le Président annonce qu'on a trouvé, à Lille-Bonne, près de Rouen, une ancienne statue en bronze de grandeur naturelle. M. Labillardière promet d'envoyer les observations qu'il a faites sur la composition du métal.

M. Fresnel, au nom d'une commission, fait un rapport sur l'instrument que M. Benoît a imaginé pour mesurer l'épaisseur des glaces montées et étamées. L'instrument est simple, commode et suffisamment exact.

M. Coquebert-Montbret fait un rapport très-détaillé, relatif au Mémoire que M. Benoiston-de-Châteauneuf avait présenté *sur les Enfans-Trouvés*.

M. Ampère continue la lecture de son Mémoire *sur l'Action mutuelle de deux courans électriques*.

M. Bailly lit un Mémoire intitulé : *Traité anatomique et pathologique des fièvres intermittentes pernicieuses*.

Résumé *des Observations météorologiques faites à l'Observatoire royal de Paris, en 1823.*

Tableau *de la marche moyenne du thermomètre centigrade et de l'hygromètre de* Saussure.

Noms des mois.	Températures moyennes.	Température moyenne de 9 heures du matin.	Température moyenne des caves.	Etat moyen de l'hygrom. de Saussure, à 3 heures après midi.
Janvier.	— 0°,3	— 1°,2	12°,100	92°
Février.	+ 5,3	+ 4,8	12,093	87
Mars.	+ 6,5	+ 6,8	12,973	77
Avril.	+ 9,2	+ 10,1	12,097	69
Mai.	+ 15,2	+ 16,5	12,099	68
Juin.	+ 15,0	+ 16,4	12,100	69
Juillet.	+ 17,1	+ 19,0	12,100	71
Août.	+ 19,1	+ 20,5	12,103	68
Septemb.	+ 15,7	+ 16,2	12,112	70
Octobre.	+ 10,6	+ 10,0	12,111	85
Novemb.	+ 5,7	+ 5,1	12,111	90
Décemb.	+ 5,6	+ 5,0	12,123	93
Moyenn.	+ 10,39	+ 10,77	12,103	78°

Le lecteur remarquera sans doute, 1°. que la température moyenne d'octobre, comme d'habitude, ne diffère de celle de l'année, que d'une petite fraction de degré; 2°. que les seules observations de 9 heures du matin donnent aussi, à moins d'un demi-degré près, la moyenne annuelle.

TABLEAU *des* maxima *et des* minima *moyens du thermomètre centigrade, en* 1823.

NOMS DES MOIS.	MAXIMUM moyen.	MINIMUM moyen.	DIFFÉRENCES.
Janvier.	+ 1°,7	— 2°,3	4°,0
Février.	+ 7,8	+ 2,8	5,0
Mars.	+ 9,9	+ 3,2	6,7
Avril.	+ 13,7	+ 4,6	9,1
Mai.	+ 20,5	+ 9,9	10,6
Juin.	+ 19,6	+ 10,3	9,3
Juillet.	+ 21,7	+ 12,5	9,2
Août.	+ 24,2	+ 14,0	10,2
Septembre.	+ 20,6	+ 10,8	9,8
Octobre.	+ 14,2	+ 7,0	7,2
Novembre.	+ 8,0	+ 3,4	4,6
Décembre.	+ 7,7	+ 3,5	4,2

TABLEAU *des variations extrêmes du thermomètre centigrade, durant chaque mois de l'année* 1823.

NOMS DES MOIS.	MAXIMUM.	MINIMUM.	DIFFÉRENCES.
Janvier.	+ 12°,0	— 14°,6	26°,6
Février.	+ 12,1	— 1,0	13,1
Mars.	+ 18,8	— 3,2	22,0
Avril.	+ 20,0	— 1,2	21,2
Mai.	+ 29,4	+ 5,3	24,1
Juin.	+ 25,4	+ 5,3	20,1
Juillet.	+ 30,0	+ 8,8	21,2
Août.	+ 31,3	+ 7,8	23,5
Septembre.	+ 30,0	+ 4,3	25,7
Octobre.	+ 19,3	+ 1,1	18,2
Novembre.	+ 15,8	— 4,5	20,3
Décembre.	+ 16,0	— 2,5	18,5

Les extrêmes des températures ont donc été, dans l'année 1823, — 14°,6 et + 31°,3, d'où il résulte que le thermomètre exposé à l'ombre et au nord a parcouru un intervalle de 45°,9 centigrades.

Dans les caves, à 86 pieds au-dessous du sol, les extrêmes ont été 12°,094 et 12°,123. On se rappellera que, à cause d'une erreur de graduation, il faut retrancher 0°,38 de la moyenne pour avoir la vraie température. Celle des souterrains, ainsi corrigée, se trouve être égale à 11°,723 centigrades.

Tableau *des plus grandes variations que le thermomètre centigrade ait éprouvées, en vingt-quatre heures, dans tous les mois de* 1823.

NOMS DES MOIS.	PLUS GRANDE VARIATION EN UN JOUR.
Janvier.	7°,5
Février.	7,6
Mars.	13,2
Avril.	14,9
Mai.	18,3
Juin.	13,7
Juillet.	17,7
Août.	15,6
Septembre.	19,0
Octobre.	12,4
Novembre.	10,0
Décembre.	6,9.

Tableau *de la marche moyenne du baromètre en* 1823.

(Toutes les hauteurs sont réduites à 0° de température.)

Mois.	9 heur. du matin.	Midi.	3 heur. du soir.	9 heur. du soir.
	mm	mm	mm	mm
Janvier.	751,17	750,61	750,21	750,32
Février.	748,04	747,65	747,00	747,71
Mars.	754,62	754,58	754,10	754,21
Avril.	754,20	753,94	753,27	753,76
Mai.	757,16	756,95	756,43	756,54
Juin.	755,00	754,75	754,35	754,80
Juillet.	755,65	755,41	755,11	755,39
Août.	757,39	757,09	756,51	756,66
Septem.	758,30	757,89	757,13	757,06
Octobr.	751,85	751,65	751,26	751,83
Novem.	761,69	761,54	761,03	761,43
Décem.	755,39	755,32	755,12	755,27
Moyen.	755,04	754,78	754,29	754,58

On voit que le mouvement descendant du baromètre, de 9 h. du matin à 3 h. du soir, a été observé dans *tous* les mois de l'année, et que le mouvement ascendant, de 3 à 9 h. du soir, n'a manqué qu'en septembre.

Tableau *des oscillations extrêmes du baromètre.*

MOIS.	MAXIMUM.	MINIMUM.	DIFFÉRENCES.
	mm	mm	mm
Janvier.	761,17	733,79	27,38
Février.	761,38	722,35	39,03
Mars.	765,63	731,16	34,47
Avril.	766,50	735,52	30,98
Mai.	765,46	748,10	17,36
Juin.	764,47	743,16	21,31
Juillet.	761,38	750,02	11,38
Août.	764,53	750,10	14,43
Septembre.	765,47	743,60	21,87
Octobre.	768,08	733,18	34,90
Novembre.	772,20	744,70	27,50
Décembre.	772,23	740,95	31,28

D'après ce tableau, les extrêmes du baromètre, en 1823, ont été........................ 772mm,23,
et.................................... 722 ,35.

La pression atmosphérique a donc varié de 49mm,88.

Tableau *de la quantité de pluie qu'on a recueillie, en* 1823, *à l'Observatoire royal, tant sur la terrasse que dans la cour.*

(La différence de niveau des deux récipiens est de 28 mètres.)

NOMS des Mois.	PLUIE sur la terrasse, en centimètres.	PLUIE dans la cour, en centimètres.	NOMBRE de jours de pluie.
	c.	c.	
Janvier.	3,260	3,710	6
Février.	5,661	6,505	20
Mars.	2,915	3,865	15
Avril.	3,266	3,708	9
Mai.	5,237	5,431	18
Juin.	4,985	5,325	15
Juillet.	4,220	4,383	22
Août.	2,290	2,557	9
Septembre.	2,740	3,105	9
Octobre.	3,825	4,858	17
Novembre.	1,525	1,860	8
Décembre.	5,755	6,510	27
Sommes.	45,679	51,817	175

Etat *des crues de la Seine, en* 1823, *observées au pont de la Tournelle.*

NOMS des Mois.	MAXIMUM de hauteur.	MINIMUM de hauteur.
Janvier.	3m,92, le 31.	0m,60, le 14.
Février.	4,73, le 5.	3,05, le 11.
Mars.	3,92, le 11.	2,29, le 31.
Avril.	2,16, le 1.	1,11, le 23.
Mai.	1,20, le 3.	0,62, le 29.
Juin.	0,80, le 20.	0,50, le 29.
Juillet.	0,57, le 26.	0,25, le 23.
Août.	0,76, le 3.	0,13, le 30.
Septembre.	0,14, le 4.	—0,05, le 24.
Octobre,	0,19, le 19.	0,00, le 11.
Novembre.	0,44, le 12.	0,03, le 3.
Décembre.	2,09, le 31.	0,20, le 5.

L'eau moyenne a été, en 1823, de 1m,02 au-dessus du zéro de l'échelle qui correspond, comme on sait, aux plus basses eaux de 1719.

Etat *des vents, à Paris, en* 1823.

Mois.	Nord.	Nord-E.	Est.	Sud.-E.	Sud.	Sud-O.	Ouest.	Nord-O
Janv.	2	2	9	4	7	4	3	0
Févr.	2	0	3	0	7	7	8	1
Mars.	3	5	1	1	4	4	8	5
Avril.	4	9	0	0	6	4	6	1
Mai.	4	2	3	1	7	8	6	0
Juin.	7	5	0	0	2	3	9	4
Juill.	1	0	0	1	6	9	13	1
Août.	2	0	1	1	6	10	10	1
Sept.	6	8	1	0	0	4	7	4
Oct.	3	1	4	1	12	5	3	2
Nov.	6	3	4	5	3	2	2	5
Déc.	2	0	0	0	6	14	3	6
Som.	42	35	26	14	66	74	78	30

Etat *du ciel, à Paris, en* **1823.**

Il y a eu, cette année, à Paris :

175 jours de pluie ;
11 jours de neige ;
10 jours de grêle ou grésil ;
43 jours de gelée ;
6 jours de tonnerre ;

Et 202 jours où le ciel a été presque entièrement couvert.

Tremblemens *de terre.*

(Supplément au catalogue donné dans le tome xxi.)

Le 19 novembre 1822. *Valparaïso* (Chili). Cette ville a été presque totalement détruite par un tremblement de terre. Plus de 200 personnes ont péri.

Le 1er décembre. Ile de *Grenada*. Tremblement de terre extrêmement fort qui a occasioné de grands dommages dans les bâtimens.

Le 20 décembre. Ile de *Grenada*. Nouvelles secousses; d'énormes rocs ont roulé des montagnes dans la vallée.

Le 27 décembre. *Java*. Dix-huit secousses. La montagne de Mérapie a commencé, presque aussitôt, à lancer des pierres. Elle a fait ensuite une forte éruption.

Tremblemens de terre en 1823.

Le 30 janvier. *Norrkelji* (Suède). Deux secousses.

Le 30 janvier, entre 11h et minuit. Ile d'*Alond*. Vio-

lente secousse, accompagnée d'un bruit souterrain.

Le 9 février, à $6^{h.}$ 50' du soir. *Bucharest.* Violentes secousses.

Le 10 février, entre 6 et $7^{h.}$ du soir. *Jassy.* Violentes secousses.

Le 27 février. *Foggia*, *S^n-Severino*, etc. Fortes secousses.

Le 2 de mars. *Madras.* Une secousse qui s'est également fait sentir à *Ceylan.*

Le 5 mars. *Palerme.* Forte secousse.

Le 27 de mars. Fort tremblement de terre à l'île de *Favignano*, près de *Trapani* en Sicile. Une partie de l'ancienne forteresse est tombée; 22 personnes ont péri.

Le 31 mars. *Messine.* Secousse qui n'a produit aucun dommage.

Le 28 avril, à $5^{h.}$ 45' du matin. *Martinique.* Une seule secousse.

Le 12 septembre, vers minuit. *Couvent du St.-Bernard.* Grand bruit; secousse assez forte.

Le 21 novembre, à $9^{h.}\frac{1}{2}$ du soir. *Fribourg* en Brisgau; *Kentzingen*; *Strasbourg*; *Selestadt.* Assez fortes secousses dirigées de l'ouest à l'est, et accompagnées d'un bruit sourd, à-peu-près semblable à celui d'un fort coup de vent.

Le 24 novembre, à $6^{h.}$ 5' du soir. *Stockholm*, *Dalécarlie*, *etc.* Faible secousse, précédée d'un bruit sourd qui paraissait descendre de l'atmosphère.

Le 13 décembre, à $3^{h.}$ du matin. *Belley*, département de l'Ain. Secousses assez fortes, qui ont duré quel-

ques secondes et paraissaient dirigées de l'est à l'ouest. Elles furent précédées par une détonation semblable à celles de plusieurs pièces de gros calibre. Un habitant de Benonces, qui était parti de ce village de très-grand matin, rapporta qu'étant sur le sommet de la montagne à 3h. du matin, le ciel lui parut tout en feu, un instant avant la détonation, quoiqu'aucun météore lumineux ne parût alors sur l'horizon.

Quelques personnes de Belley prétendent avoir ressenti une première secousse à 1h. du matin, dans la même nuit du 12 au 13 de décembre.

Le 28 août 1823. Une étendue de terrain contenant 207 arpens, dans la paroisse de Champlain (Canada), commença subitement à se mouvoir et parcourut rapidement 360 mètres, en renversant dans sa marche haies, arbres, maisons, etc. Ce phénomène, que quelques personnes ont attribué à un tremblement de terre, fut précédé d'un bruit considérable. Une forte vapeur suffocante de poix et de soufre se répandit subitement dans l'atmosphère.

Eruptions volcaniques.

Volcan de Java.

Le 8 et le 12 novembre 1822, le volcan *Galong Gœning* de Java, a fait deux terribles éruptions. Le phénomène s'annonça par une forte explosion. Bientôt après, on vit un immense nuage de fumée s'élever du

pied de la montagne. Il lui succéda un vent d'une telle violence, que des maisons et des arbres furent renversés. La pluie de cendres dura pendant trois heures consécutives; la plaine de Singapama était couverte de boue et de soufre enflammé. On annonce que plus de 3000 personnes ont péri.

Volcans d'Islande.

En janvier 1823, le *Westerjokul* a vomi des cendres et des pierres.

Le 26 juillet, dans la même île, le Kollugian, qui était tranquille depuis 68 ans, a fait trois éruptions terribles. D'énormes blocs de glace ont été détachés du sommet et jetés dans la plaine; des vaisseaux, à 20 lieues de distance, se trouvèrent enveloppés dans de noirs nuages de poussière volcanique. Chacune des trois éruptions fut accompagnée de tremblemens de terre.

Volcan de Barren-Island.

Le capitaine Webster, étant entré avec son bâtiment, en mars 1823, dans une petite baie de *Barren-Island*, éprouva, à la distance de 100 yards de la côte, des bouffées d'un vent suffocant. Ayant plongé son doigt dans la mer, il fut surpris de trouver qu'on ne pouvait endurer la chaleur de l'eau. Les pierres que venait baigner la marée faisaient entendre un petit sifflement et jetaient de la fumée; l'eau bouillonnait tout autour. Un cône volcanique se montrait à la distance d'un quart de mille environ. Le capitaine Webster débarqua, et après une marche pénible, le long d'un précipice formé par des laves sur lesquelles quelques plantes croissaient, il par-

vint en un point d'où le volcan se voyait parfaitement. Il évalue sa hauteur totale à un *demi-mille*; le diamètre de sa base à 300 yards; celui de son sommet à 30. Il s'élevait continuellement de la bouche une fumée blanche et légère. Le cône est au centre d'un amphithéâtre de montagnes qui l'entourent presqu'entièrement.

(*Edimb. philos. Journ.*, N° XVII. 1823, p. 205.)

Trombes.

Sur *une Trombe qui a dévasté plusieurs communes du département du Pas-de-Calais, le* 6 *juillet* 1822.

(Extrait d'un rapport rédigé sur les lieux, par M. Desmarquoy, médecin militaire à Saint-Omer, et communiqué à l'Académie des Sciences, par M. Duméril, le 29 septembre 1823.)

Le 6 juillet 1822, à une heure trente-cinq minutes de l'après-midi, dans la plaine d'Assonval, village situé à six lieues ouest-sud-ouest de Saint-Omer et à six lieues sud-est de Boulogne, des laboureurs durent quitter leur charrue à cause de l'obscurité, et par la crainte d'un orage dont ils étaient menacés. Des nuages, venant de différens points, se rassemblaient rapidement au-dessus de la plaine. Bientôt ils n'en formèrent qu'un qui, seul, couvrait entièrement l'horizon. Un instant après, on vit descendre de ce nuage une vapeur épaisse ayant la couleur bleuâtre du soufre en combustion : elle formait un cône renversé dont la base s'appuyait sur la nue. La partie inférieure du cône, qui descendait sur la terre, forma bientôt, en tournoyant avec une vitesse considérable, une masse

oblongue, de 30 pieds environ, détachée du nuage. Elle s'éleva en faisant le bruit d'une bombe de gros calibre qui éclate, laissant sur la terre un enfoncement, en forme de bassin circulaire, de 20 à 25 pieds de circonférence, et de 3 à 4 pieds de profondeur à son milieu. A peine éloignée de cent pas du point de départ et dirigeant sa route de l'ouest à l'est, la trombe franchit la haie d'un manoir, y abat une grange, et donne à la maison, plus solidement bâtie, une secousse que le fermier a comparée à celle d'un tremblement de terre. Elle avait, en franchissant la haie, déchiré et emporté la couronne des arbres les plus forts : vingt-cinq à trente arbres étaient renversés et couchés en sens divers, de manière à prouver que la trombe faisait son chemin en tournoyant. D'autres furent enlevés et accrochés, ainsi que plusieurs couronnes, au sommet des plus grands arbres (de 60 à 70 pieds de haut). Après ces premiers effets, la trombe parcourut une distance de deux lieues sans toucher à terre, en emportant de très-grosses branches d'arbres qu'elle vomissait à droite et à gauche avec bruit. Arrivée à la pointe élevée du bois de Fauquembergue, elle y arracha de nouveau la tête de plusieurs chênes, que l'on vit passer avec elle au-dessus du village de Vendôme, situé au pied de la colline, du côté est de la forêt.

La trombe ne fit, dans cette commune, d'autre ravage que celui d'enlever, avec sa racine, un sycomore très-gros, dans une prairie appartenant à M. Degroseiller : l'arbre fut retrouvé à la distance de six cents pas.

Continuant sa route à la manière d'un boulet qui frappe la terre et se relève en ricochant, la trombe se porta au

village d'Audinctnu, où elle abattit la toiture de trois maisons et enleva plusieurs arbres, entr'autres cinq ormes de très grandes hauteurs, tous cinq sortant d'une même souche.

Au sortir de la vallée où sont situés ces deux derniers villages, la trombe s'éleva sur une montagne dite *de Capelle.* Plusieurs paysans, qui y labouraient, virent avec effroi ce phénomène extraordinaire traverser leurs habitations. Ils craignirent bientôt pour eux-mêmes, et n'eurent, pour échapper au danger, que le temps de se coucher, en se tenant fortement à leurs instrumens aratoires. Ils remarquèrent avec étonnement que leurs chevaux étaient tristes, mais ne s'effrayèrent pas. Le soc d'une de leurs charrues fut enfoncé dans la terre, assez fortement pour résister aux efforts de trois chevaux : ils employèrent une pioche pour ne pas le casser. Ce fut par ces laboureurs, qui étaient placés sur la montagne, de manière à voir la trombe arriver et continuer sa route, que je parvins à connaître à-peu-près sa forme, sa grandeur et les élémens présumés qui pouvaient entrer dans sa composition. La forme était ovale; la longueur leur parut de trente pieds environ; l'autre diamètre pouvait en avoir vingt. La trombe tournait dans sa marche de manière à présenter successivement chacune de ses faces à tous les points de l'horizon. Il sortait, de temps en temps, de son centre, des globes de feu, et souvent aussi des globes de vapeurs comme soufrées. Les uns et les autres rejetaient, dans divers sens, des branches que le météore avait entraînées de très-loin.

Le bruit qu'il faisait dans sa marche rapide était semblable à celui d'une voiture pesante, courant au galop sur

un chemin pavé. On entendait une explosion semblable à celle d'un fusil à chaque sortie d'un globe de feu ou de vapeur; le vent, qui était impétueux, joignait à ce bruit un sifflement terrible. Après avoir déchiré la terre et emporté tout ce qui lui résistait dans un certain point, la trombe s'élevait au-dessus du sol pour aller, à une lieue et quelquefois à deux lieues de distance, recommencer ses ravages. C'est ainsi qu'en quittant le mont Capelle et suivant toujours la même direction, elle alla enlever différentes meules de foin et beaucoup d'arbres à Hernin-St.-Julien, distant d'une lieue de la montagne. De ce village à Witernestre, sur un intervalle de trois lieues, la trombe ne fit aucun ravage marquant : on reconnut seulement sur la montagne qui sépare Hernin d'Etré-Blanche, un sillon de la largeur de trente pas, dans lequel le grain était détruit, dans une étendue de trente arpens de terre, placés au sommet. De là, elle pénétra dans la vallée de Witernestre et Lambre. Le premier de ces villages, composé de quarante habitations, n'en conserva que huit intactes. Trente-deux maisons, avec leurs granges, furent renversées, et une énorme quantité d'arbres abattus déchirés et emportés à une grande distance. On remarqua à Witernestre que les pignons et les murs des maisons furent couchés d'une manière divergente, de dedans en dehors.

Le désastre ne fut pas moins considérable à Lambre : plusieurs personnes distinguèrent parfaitement la marche tournoyante du météore, sa couleur d'un brun soufré, et le centre de feu ardent, d'où sortait des éclats de vapeur bitumineuse. Les arbres qui entouraient l'église furent cassés et déracinés; le mur et le toit de

la maison du curé enlevés, et dix-huit maisons, la plupart bâties en briques, sapées à leurs fondations; avec le phénomène extraordinaire de l'écartement des murs, renversés en dehors.

Une circonstance heureuse, au milieu de ce grand désastre, c'est que personne n'a péri, même dans les deux derniers villages. Un seul individu de Witernestre a été grièvement blessé au bras par une poutrelle.

En quittant Lambre, la trombe se divisa; une partie se dissipa dans les airs; l'autre, qui ne paraissait plus qu'un nuage, chassée par un vent impétueux venant du nord-ouest, se porta sur Lillers, bourg à trois lieues de L'ambre, où elle cassa et déracina près de deux cents arbres dans les belles prairies de M. Defoulers: ensuite elle se dissipa à son tour. A trois heures, le temps était calme, le ciel presqu'entièrement découvert, et le tonnerre, qui n'avait cessé de se faire entendre de tous les points de l'horizon, finit en même temps que la trombe. La soirée et la nuit suivante furent très-belles.

Un navigateur, parti de New-York, annonce que, le 19 mars 1823, par 4° de latitude nord, le temps étant parfaitement calme, une immense *trombe d'eau* s'approcha de son bâtiment en faisant un bruit épouvantable. Il ajoute *que quelques coups de fusil*, tirés en l'air, rompirent subitement la colonne au-dessous de son centre: alors la partie inférieure retomba dans la cavité qu'elle avait formée en s'élevant, tandis que l'autre moitié monta vers le nuage auquel la trombe semblait suspendue. (*Bibl. univers.*)

Le capitaine Napier avait déjà essayé de détruire une trombe par un coup de canon ; mais l'effet n'avait pas été, à beaucoup près, aussi tranché que l'annonce l'auteur de la relation précédente (Voyez *Ann.*, tome XIX, p. 217 et suiv.)

Le 26 août 1823, à la suite d'une journée très-chaude, il se forma, vers les trois heures de l'après-midi, arrondissement de Dreux et de Mantes, un orage qui fut poussé, par le vent S.-O., vers le village de Boncourt (canton d'Anet). Bientôt après, une trombe se montra. Sa base avait environ cent toises de diamètre ; le sommet atteignait la nue. Au milieu de la vapeur épaisse et noirâtre dont elle semblait formée, *on apercevait souvent des flammes dans différentes directions.* Marchant avec l'orage, franchissant les montagnes et les vallons, la trombe déracina, dans sa course, sur une étendue d'un demi-myriamètre, sept à huit cents arbres de diverses grandeurs. Le village de Marchefroy fut à moitié détruit; plusieurs habitans périrent sous les décombres. L'ouragan lançait avec impétuosité des *grélons* gros comme le poing, des pierres et autres corps étrangers. Il rompit des essieux de voiture capables de supporter des poids de huit ou dix milliers, et transporta les roues à la distance de deux ou trois cents pas.

Ces détails sont extraits d'une notice rédigée sur les lieux par le Dr Foucault.

Le 16 septembre 1823, à midi, pendant une pluie très-abondante qui avait commencé vers les cinq heures du

matin, on vit sortir d'une montagne située dans la paroisse de la Valeggia, province de Savone, un tourbillon épouvantable *de fumée noire et de feu.* Dans sa course, il enleva les toits des maisons, des bois de charpente, des vignes, et déracina de gros arbres de toute espèce. En traversant une rivière, auprès de la montagne Magliolo, la trombe *absorba en un instant ses eaux*, qui s'étaient élevées à une hauteur extraordinaire.

(Ces détails sont tirés du rapport du colonel Pagliaris, commandant de la province de Savone.)

Courans de l'Océan.

On a trouvé, auprès de Sadras (côte de Coromandel), une bouteille enterrée dans le sable, qui avait été jetée à la mer le 29 juillet 1821, du navire *Ospray*, de Glasgow, par 13°. 1′ de latitude nord et 84°. 40′ de longitude est de Greenwich.

Vers la fin de février 1823, on a pêché, une lieue au nord de la Rochelle, une bouteille qui avait été jetée à la mer le 26 novembre 1822, par 45°. 19′ de latitude nord et 11°. 0′ de longitude ouest de Greenwich. Le capitaine Turner s'était proposé, en jetant cette bouteille, de découvrir quelle est, dans les parages du cap Finistère, la direction du *Gulf Stream* (courant du golfe).

Le capitaine Barret, du bâtiment l'*Exmouth*, a trouvé, le 4 juillet 1823, par 44°. 2′ de latitude nord et 27° de

longitude ouest de Greenwich, une bouteille portant un papier dont voici la teneur :

« Expédition des mers du Nord, le 7 janvier 1822.
» Cette bouteille a été mise en dérive dans la mer du
» Nord, par les officiers de l'expédition du capitaine
» Parry, à 5° ouest de l'île Melville, complètement en-
» fermés par la glace : tout le monde est en bonne
» santé. »

Tubes vitreux produits par la foudre.

Nous avons déjà inséré dans les *Annales* un extrait des divers Mémoires que les physiciens allemands et anglais ont publiés, sur de longs tubes vitreux qu'on trouve dans certaines plages sablonneuses, et qui sont produits, suivant toute apparence, par l'action de la foudre. Le Dr Fiedler vient de découvrir un de ces tubes, près de Vienne en Autriche, sur la partie la plus élevée d'une des collines sablonneuses qu'on remarque aux environs de Zankendorf.

Ce tuyau, vers le haut, avait un demi-pouce de diamètre ; son inclinaison à l'horizon était d'abord d'environ 80°, ensuite il devenait à-peu-près vertical. A six pouces de distance de l'extrémité supérieure, existait une petite branche latérale, longue de quatre pouces et un quart. Trente-deux pouces plus bas, le tronc se partageait en deux rameaux qui se terminaient, à 8 pouces du point de bifurcation, sur une couche de glaise. Là, le tube était interrompu, et l'on voyait, dans la direction où il se serait prolongé, un grand nombre de taches rouges offrant l'apparence d'un paquet de racines. La

fusion semble donc avoir cessé aussitôt que le courant électrique s'est trouvé en contact avec la couche humide et conductrice de glaise : ajoutons que cette glaise devenait rouge par l'action du feu ordinaire.

Avant d'atteindre la couche de glaise, l'un des deux rameaux dont nous avons déjà parlé, ayant rencontré sur son chemin un gros grain de quartz d'un pouce de diamètre, il se dévia, se contourna sur l'un de ses côtés, et ce grain de quartz se trouva collé au tube par fusion.

L'observation du Dr Withering, que nous avons rapportée dans notre premier extrait, ne pouvait guère, ce me semble, laisser de doute sur la véritable origine des tubes vitreux. Quoi qu'il en soit, le professeur Hagen, de Kœnigsberg, a fait une observation analogue, propre à convaincre les plus incrédules. Le 17 juillet 1823, le tonnerre tomba sur un bouleau, près de l'école du village de Rauschen. Les habitans accoururent et trouvèrent au pied de l'arbre deux trous étroits et profonds, qui, malgré la pluie, leur parurent très-chauds. Le professeur Hagen, ayant fait enlever la terre avec précaution, découvrit, à un pied de profondeur, le commencement d'un tube vitrifié; mais on ne put l'extraire du sable qu'en morceaux, dont les plus considérables n'avaient guère que deux ou trois pouces de long. Dans l'intérieur de ces fragmens on voyait, comme à l'ordinaire, un enduit vitreux; plusieurs étaient aplatis et offraient des saillies en zigzag. A l'endroit où le tube principal commença à pénétrer dans la terre végétale, il se forma diverses branches, et le tissu devint comme filamenteux.

(*Ann.* du professeur Gilbert.)

Taches du Soleil en 1823.

Nous continuerons, dans tous nos résumés météorologiques, de présenter le catalogue des taches solaires observées dans l'année, afin de donner aux physiciens qui croient qu'elles ont une influence sensible sur les températures terrestres, les moyens de soumettre cette opinion à l'épreuve d'une discussion rigoureuse.

On n'a aperçu aucune tache sur le soleil, dans les six premiers mois de 1823.

Juillet, le 11; une petite tache s'est formée près du bord occidental.

En août, septembre et octobre, on n'a point vu de taches.

Décembre, le 3, à midi, on voyait une grande tache près du bord oriental du soleil; elle était entourée d'une large pénombre. Le 10, à midi, la tache noire, proprement dite, employait 1",2 à traverser le fil horaire; la pénombre ne traversait ce fil qu'en 3",5. Le diamètre de la tache surpassait donc un peu le diamètre de la terre, et celui de la pénombre était trois fois plus grand. Du 13 au 14, la tache se cacha derrière le bord occidental de l'astre.

———, le 22, on aperçut une tache d'une médiocre étendue, près du bord oriental.

———, le 29, à midi, une belle tache se montra près du bord oriental; elle était certai-

nement visible le 28, mais les nuages n'avaient pas permis de l'observer. Cette tache, suivant toute probabilité, est celle qui avait disparu, le 14, derrière le bord occidental du soleil.

(Le 10 janvier 1824, cette grande tache était encore visible).

Comètes.

On n'a vu, en 1823, qu'une seule comète. Elle a été découverte le 28 décembre, vers quatre heures du matin, à la Chapelle, près de Dieppe, par M. de Breauté; et à Dunkerque, par M. Perrier. On n'a point eu encore, à Paris, assez d'observations pour calculer l'orbite. Ce ne sera donc que plus tard qu'on pourra décider si cette comète avait été anciennement aperçue.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	754,76	+14,4	93	755,56	+16,0	88	757,02	+10,5	99	758,36	+ 9,5	99	+16,0	+ 9,5	Très-nuageux.	S. O. très-fort.
2	753,10	+11,2	96	752,00	+11,4	96	752,40	+12,0	91	751,28	+ 8,9	94	+12,0	+ 8,9	Pluie, brouillard.	S.
3	755,06	+ 6,9	91	755,47	+10,3	84	755,22	+10,3	86	752,51	+ 9,3	94	+10,5	+ 6,3	Nuageux.	S. O. fort.
4	748,23	+10,0	99	749,53	+10,8	84	750,55	+10,4	86	751,78	+ 8,8	95	+10,8	+ 8,8	Couv., léger brouil.	S. O.
5	753,60	+ 7,5	98	754,10	+ 9,4	92	753,50	+ 9,3	89	751,27	+ 7,3	99	+ 9,4	+ 5,8	Couvert, brouillard.	O.
6	747,72	+10,2	97	747,87	+12,8	89	747,94	+10,8	97	755,86	+ 6,2	89	+12,8	+ 6,3	Quelques éclaircies.	S. O.
7	768,22	+ 4,6	99	769,62	+ 7,3	90	770,53	+ 7,7	83	772,23	+ 2,2	99	+ 7,7	+ 1,9	Lég. nuag. à l'horiz.	N.
8	771,95	— 0,6	99	771,26	+ 0,5	100	770,18	+ 1,9	100	768,70	— 0,6	100	+ 1,9	— 1,5	Brouillard très-épais.	N. O. faible.
9	767,64	+ 3,8	100	767,60	+ 7,0	98	766,76	+ 7,0	100	767,56	+ 3,2	99	+ 7,0	+ 2,2	Couvert, brouillard.	O.
10	769,63	+ 1,0	100	769,71	+ 3,2	99	769,12	+ 3,8	92	767,74	— 0,4	100	+ 3,8	— 0,5	Beau, vap. à l'horiz.	O. N. O.
11	766,80	— 1,8	98	765,50	+ 1,8	99	764,57	+ 3,9	96	763,18	+ 3,8	100	+ 3,9	— 2,5	Nuageux, brouill.	S.
12	758,13	+ 5,1	98	756,84	+ 6,5	99	755,10	+ 7,5	96	755,70	+ 3,8	96	+ 7,5	+ 3,8	Pluie fine, brouill.	S. O.
13	755,70	+ 1,6	96	756,30	+ 5,0	84	757,21	+ 5,8	85	758,76	+ 3,0	94	+ 5,8	+ 1,0	Nuageux.	O. N. O.
14	762,68	+ 3,0	94	763,12	+ 4,5	93	763,44	+ 5,5	90	765,10	+ 1,5	90	+ 5,5	+ 1,5	Beau.	N. O.
15	764,01	+ 5,0	90	764,28	+ 5,5	96	764,34	+ 7,0	96	766,63	+ 1,8	99	+ 7,0	+ 1,8	Pluie fine.	O. S. O.
16	768,20	— 1,2	100	767,68	+ 0,5	95	766,37	+ 1,5	100	764,05	+ 1,8	96	+ 1,8	— 1,6	Très-couv., br. épais.	S.
17	757,70	+ 1,2	98	755,03	+ 3,2	95	752,15	+ 4,0	93	745,18	+ 5,5	94	+ 5,5	+ 0,6	Couvert, brouillard.	S. fort.
18	747,76	+ 2,8	94	749,12	+ 5,6	84	749,25	+ 5,8	88	749,18	+ 3,4	94	+ 5,8	+ 2,8	Nuag., léger brouil.	S. O.
19	745,00	+ 4,8	99	745,18	+ 5,6	96	747,51	+ 4,5	92	752,34	+ 3,0	94	+ 5,6	+ 3,0	Pluie par intervalles.	S. S. O.
20	749,40	+ 0,8	97	745,45	+ 1,5	99	742,62	+ 3,5	100	742,05	+ 6,2	100	+ 6,2	+ 0,2	Pluie et neige.	S. S. E. fort.
21	740,95	+ 5,2	99	741,22	+ 7,8	93	741,18	+ 7,1	92	743,17	+ 4,5	99	+ 7,8	+ 4,5	Très-nuageux.	S. O.
22	747,12	+ 4,8	99	748,60	+ 6,2	85	750,41	+ 7,0	86	753,38	+ 4,2	99	+ 7,0	+ 4,2	Légèrement couvert.	N. O.
23	756,30	+ 2,1	99	755,90	+ 4,9	99	755,30	+ 4,8	99	754,00	+ 5,3	100	+ 5,3	+ 1,2	Couvert, brouillard.	S. S. O.
24	758,69	+ 7,5	100	759,20	+ 9,2	100	758,97	+ 8,2	100	759,51	+ 9,4	100	+ 9,4	+ 7,0	Pluie fine, brouill.	N. O. faible.
25	760,50	+ 7,5	100	760,17	+ 9,2	99	759,44	+ 8,6	97	758,00	+ 6,9	99	+ 9,3	+ 6,9	Couvert, brouillard.	....
26	756,54	+ 6,8	99	755,71	+ 8,5	99	754,53	+ 8,8	99	751,67	+ 7,5	100	+ 8,8	+ 6,6	Couvert; brouillard.	S. S. O.
27	742,66	+ 8,0	100	742,88	+ 8,2	94	743,73	+ 8,8	86	745,34	+ 4,5	96	+ 8,8	+ 4,5	Couvert.	O. S. O.
28	751,64	+ 4,4	96	751,10	+ 6,5	95	748,61	+ 7,5	99	746,36	+10,6	97	+10,6	+ 3,8	Pluie fine.	O. S. O.
29	746,18	+ 8,8	94	746,52	+10,1	80	745,70	+ 9,8	84	742,00	+ 7,5	92	+10,1	+ 5,8	Légers nuages.	S. O. fort.
30	744,65	+ 6,5	94	744,86	+ 8,3	89	744,62	+ 7,8	89	740,53	+ 5,0	90	+ 8,3	+ 4,5	Trouble et nuageux.	S. O.
31	746,48	+ 4,0	97	747,63	+ 6,2	95	750,37	+ 8,3	83	754,20	+ 3,8	98	+ 8.3	+ 2,5	Pluie par intervalles.	O.
1	758,99	+ 6,9	97	759,27	+ 8,9	92	759,32	+ 8,4	92	759,73	+ 5,4	97	+ 9,2	+ 4.8	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	757,54	+ 2,1	96	756,85	+ 4,0	94	756,26	+ 4,9	94	756,22	+ 3,4	96	+ 5,5	+ 1,1	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 6,510
3	750,15	+ 6,0	98	750,34	+ 7,7	93	750,26	+ 7,9	92	750,37	+ 6,3	97	+ 8,5	+ 4,7	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 5,755.
	755,39	+ 5,0	97	755,32	+ 6,9	93	755,12	+ 7,1	93	755,27	+ 5,1	97	+ 7,7	+ 3,5	Moyennes du mois, + 5°,6.	

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

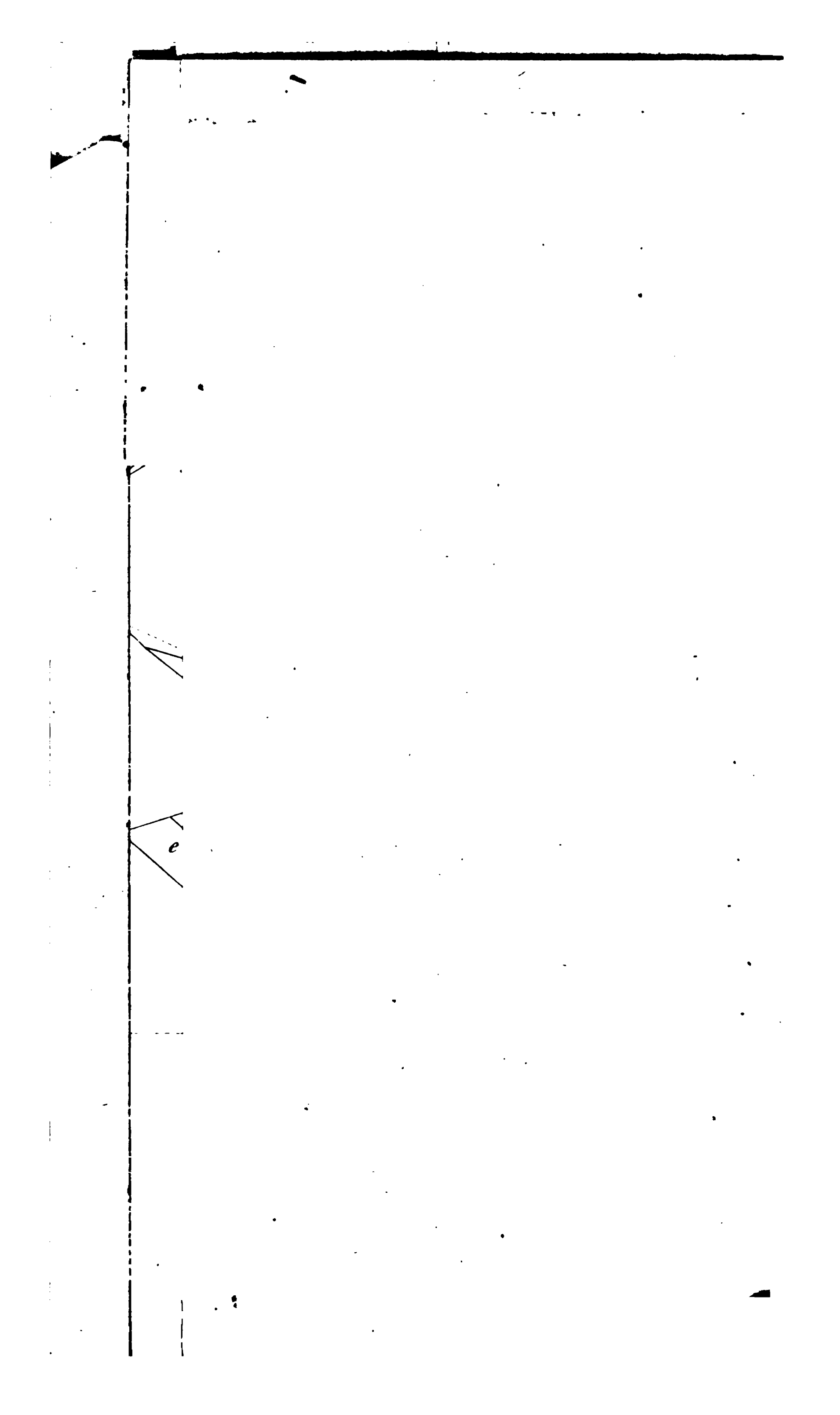
FIN DE LA TABLE DU VINGT-QUATRIÈME VOLUME.

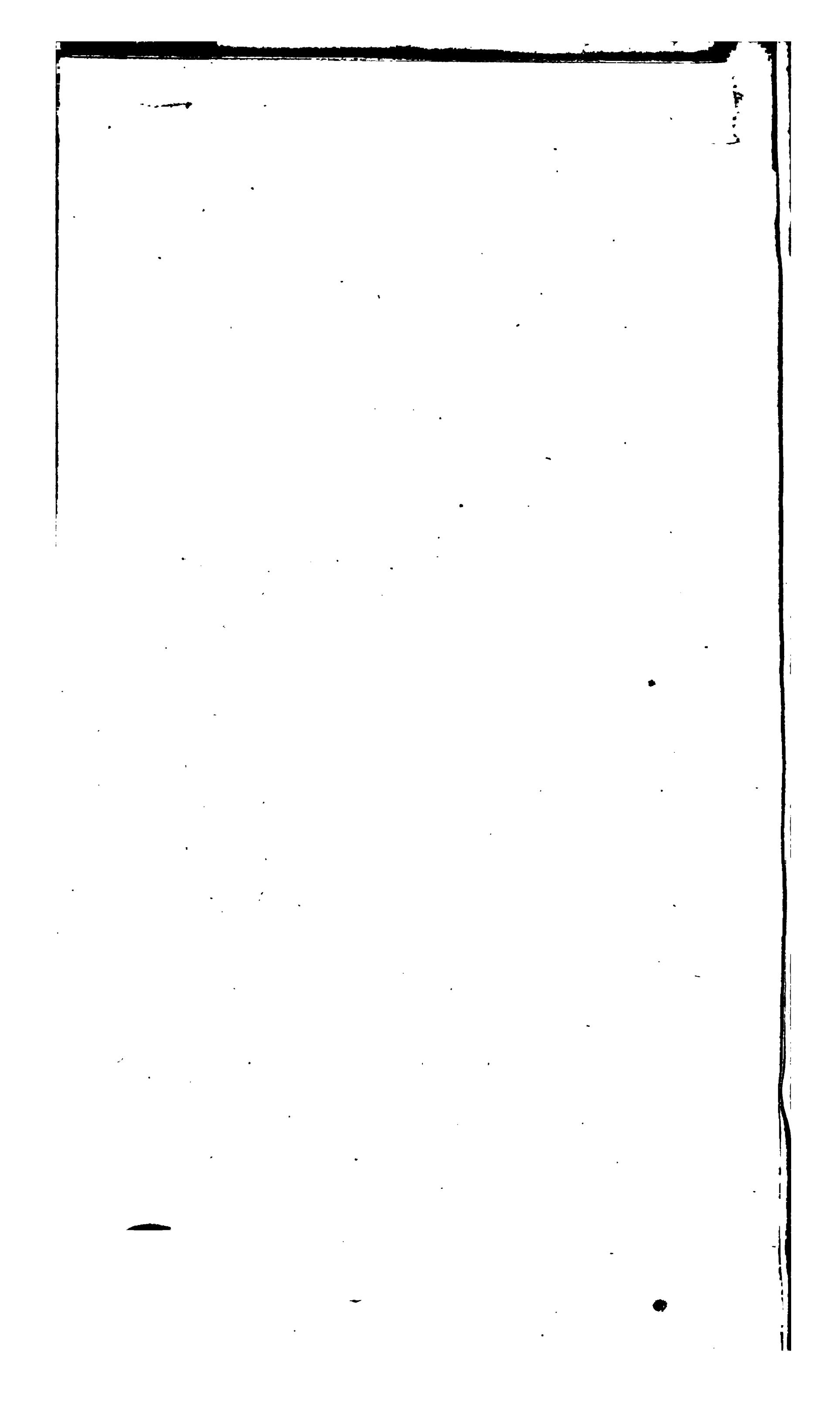
Fig. 4.

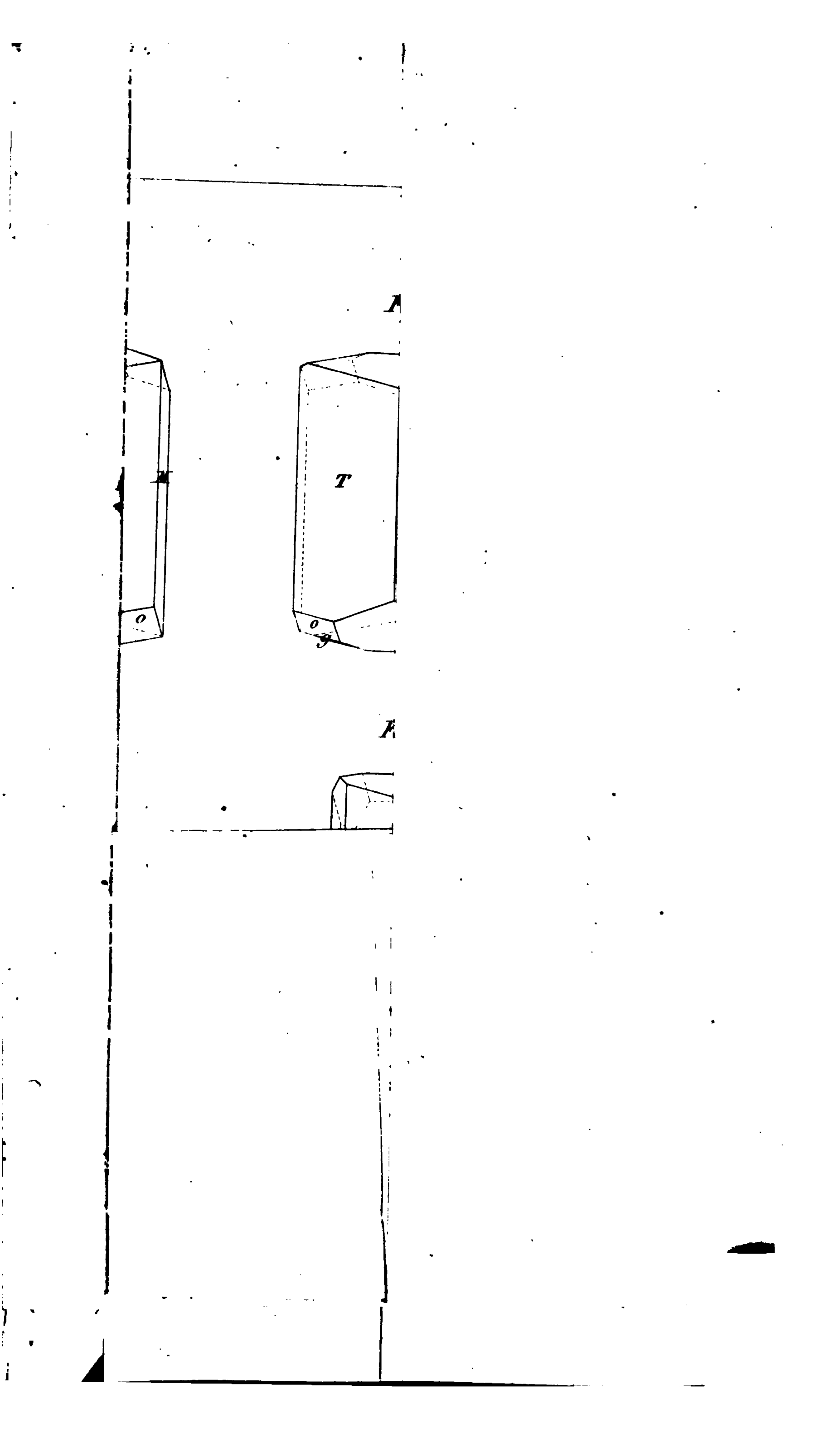
Soufre fondu.

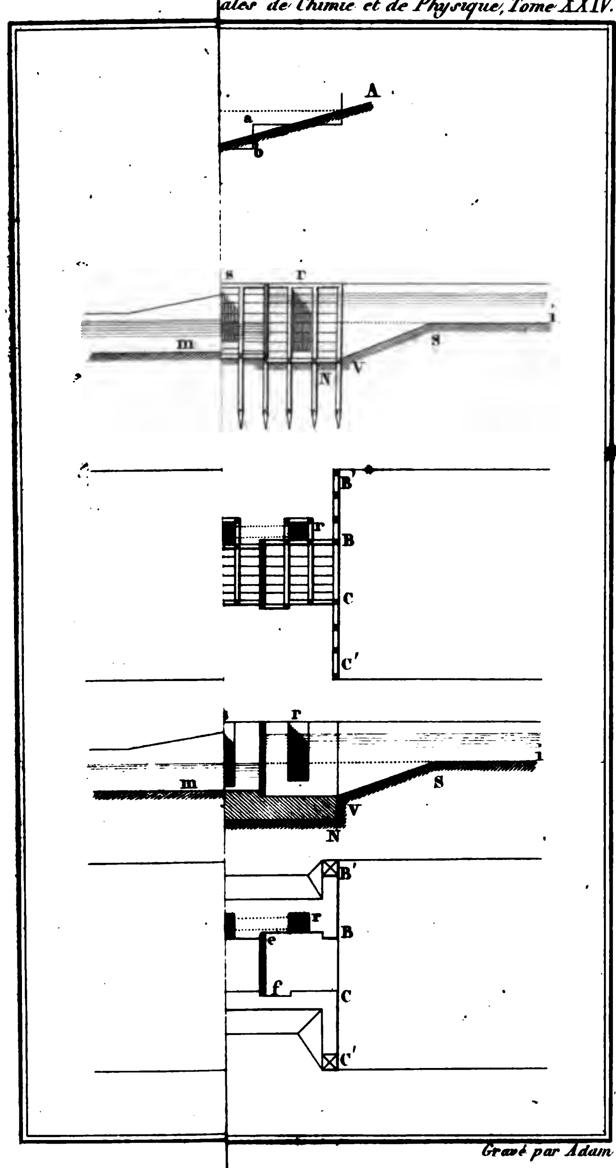
Fig. 8.

Fig. 11.


e




M
T
o
o
g



Gravé par Adam